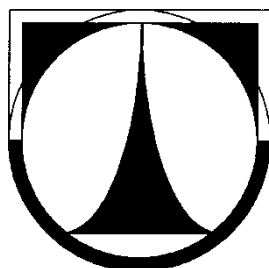


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



**ŘÍDÍCÍ SYSTÉM PRO STŘÍDÁNÍ PALIV
RŮZNOPALIVOVÉHO VZNĚTOVÉHO MOTORU**

**A CONTROL SYSTEM FOR VARIATION FUELS IN A
SEVERAL FUEL COMPRESSION-IGNITION ENGINE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Petr Schmid

Červen 2009

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



Obor B2341

Stroje a zařízení

Zaměření

Dopravní stroje a zařízení

**ŘÍDÍCÍ SYSTÉM PRO STŘÍDÁNÍ PALIV
RŮZNOPALIVOVÉHO VZNĚTOVÉHO MOTORU**

**A CONTROL SYSTEM FOR VARIATION FUELS IN A
SEVERAL FUEL COMPRESSION-IGNITION ENGINE**

Bakalářská práce

KVM – BP – 162

Petr Schmid

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Josef Laurin, CSc.

Konzultant diplomové práce: MSc. Michal Vojtíšek

Počet stran: 58

Počet obrázků: 30

Počet tabulek: 19

Počet příloh: 3

Červen 2009

Místo pro vložení originálního zadání DP (BP)

ŘÍDÍCÍ SYSTÉM PRO STŘÍDÁNÍ PALIV RŮZNOPALIVOVÉHO VZNĚTOVÉHO MOTORU

Anotace

Bakalářská práce se zabývá návrhem řídicího systému pro střídání paliv různopalivového vznětového motoru. V úvodu práce je nejprve nastíněna problematika střídání paliv a z toho plynoucí potřeba daný systém řídit. Dále je v této práci popsán návrh a konstrukce řídicího systému, který je řízen mikrokontrolerem AVR Atmega16. Cílem bakalářské práce je sestavení řídicí jednotky dle požadavků uvedených v zadání.

A CONTROL SYSTEM FOR VARIATION FUELS IN A SEVERAL FUEL COMPRESSION-IGNITION ENGINE

Annotation

This bachelor work is considering of a proposal control system for variation fuels in a several fuel compression-ignition engine. The first part outline is variation fuels and inferential managing this system. Next part is focused on proposal and construction the control system that is driven by microcontroler AWR Atmega16. The principal aim this bachor work is make-up the control system according to requierements presented in setting.

Desetinné třídění: (př. 621.43.01 - Teorie spalovacích motorů)
Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra vozidel a motorů
Dokončeno : 2009
Archivní označení zprávy: (nevypĺňovat)

Prohlášení k využívání výsledků bakalářské práce

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V dne

.....

podpis

Poděkování

Velmi rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Doc. Ing. Josefu Laurinovi CSc., konzultantovi mé bakalářské práce MSc. Michalu Vojtíškovu za odbornou pomoc, cenné připomínky, strávený čas a trpělivost při vypravování zvoleného tématu.

Petr Schmid

Seznam symbolů a jednotek

U_t	výstupní napětí děliče	[V]
U_{vcc}	napájecí napětí	[V]
U_{ref}	referenční napětí	[V]
R	odpor rezistoru	[Ω]
R_t	odpor teplotního čidla	[Ω]
U_s	svorkové napětí	[V]
ADC	hodnota na výstupu z AD převodníku	[]
U_{ref}	referenční napětí	[V]
R_1	odpor rezistoru	[Ω]
R_2	odpor rezistoru	[Ω]

Obsah

Úvod	10
1 Teoretická část	11
1.1 Ekonomický pohled na biopaliva	11
1.2 Co jsou to biopaliva	13
1.2.1 Zákonná povinnost přimíchávat biosložky	15
1.3 Použití rostlinného oleje ve vznětovém motoru	15
1.3.1 Princip přestavby	15
1.3.2 Jednonádržový systém	18
1.3.3 Dvounádržový systém	19
2 Elektronický řídící systém	23
2.1 Popis řídící jednotky	23
2.1.1 Požadavky na elektronický řídící systém	23
2.1.2 Stručný popis sestavené řídící jednotky	23
2.2 Konstrukce řídící jednotky	24
2.2.1 Mikrokontroler	25
2.2.2 Zapojení napájení	26
2.2.3 Zapojení relátek	28
2.2.4 Zapojení LCD displeje	30
2.2.5 Zapojení teplotních čidel	31
2.2.6 Měření napětí na svorkách	34
2.2.7 Programátor a jeho zapojení	36
2.2.8 Přední panel	38
2.2.9 Zadní panel	39
2.3 Programování řídící jednotky	40
2.3.1 Programové vybavení	40
2.3.2 Definice registrů	41
2.3.3 Definice proměnných	41
2.3.4 Funkce a procedury	42
2.3.5 Přerušení	48
2.3.6 Hlavní program	50
3 Závěr	54

4	Použité informační zdroje	55
5	Seznam příloh	58

Úvod

Během několika posledních let je v médiích a různých odborných debatách stále více skloňována problematika využití biopaliv (rostlinného oleje) pro provoz motorových vozidel. Tato skutečnost mě velmi zaujala, a proto jsem se rozhodl tomuto tématu více věnovat. Na Katedře vozidel a motorů Fakulty strojní TUL (KVM) je již zkonstruováno dvounádržové řešení spalování rostlinného oleje. Toto řešení je velice zajímavé, ale pro uplatnění v běžném provozu je zapotřebí tento systém řídit. Z výše uvedeného důvodu jsem se rozhodl svoji bakalářskou práci zaměřit na návrh řídicího systému pro střídání paliv různopalivového motoru.

V teoretické části budou nastíněny výhody biopaliv a podrobněji se zaměřím na rostlinný olej. Popsány budou také možnosti zapojení palivového systému vznětového motoru spalujícího rostlinný olej. V praktické části se budu zabývat návrhem a konstrukcí řídicího systému.

Cílem bakalářské práce je sestavení řídicího systému pro řízení dvoupalcového systému na motoru Zetor, který je umístěn na katedře KVM. Rád bych se v mé práci dopracoval k řešení, které by se dalo využít v běžném provozu a zároveň by díky snadnému přeprogramování mohlo sloužit ke studijním účelům na katedře KVM.

1 Teoretická část

1.1 Ekonomický pohled na biopaliva

Podle americké Energy Information Administration (EIA) vzroste spotřeba energie ve světě mezi lety 2003-2030 o více než 70 %. Musíme se smířit s tím, že energie bude vzácné zboží. Ani stoupající ceny energií zatím nevedly k výraznější změně chování podniků a obyvatel. Jak se tenčí zásoby zdrojů a zvyšují náklady na jejich získávání, ceny porostou pravděpodobně dál. V současné době, kdy dochází k stále větší spotřebě fosilních paliv, jichž využíváme zhruba 200 let a jejichž zásoby nejsou bezedné, se stále více obracíme k možnostem využití obnovitelných energetických zdrojů. S dnešním rozvojem společnosti jsme přímo závislí na energiích všeho druhu. S tím jsou ovšem úzce spojeny změny v oblasti klimatu. Obsah CO₂ ve vzduchu je již 375 ppm. Udržitelné využívání zdrojů bude znamenat komplexní změnu v přístupu k energiím i ke zdrojům. Středoevropský region je do značné míry závislý na dodávkách plynu a ropy z Ruska. Podle Financial Times, nejvlivnější společnosti v energetickém sektoru, jsou mimo OECD - Aramco (Saudská Arábie), Gazprom (Rusko), CNPC (Čína), NIOC (Írán), PDVSA (Venezuela), Petrobras (Brazílie) a Petronas (Malajsie). Jsou to firmy převážně vlastněné státem, které v souhrnu kontrolují třetinu celkových světových rezerv ropy i zemního plynu. Právě ty budou do značné míry v dalších letech určovat pravidla. V době ekonomické krize, je pěstování a energetické využívání biomasy prospěšné jak z hospodářského, tak z politického hlediska. [1,2,3]

V rámci našeho zapojení v EU a vzhledem k společnému plnění dohod vedoucích k zajištění cílů v oblasti změny klimatu, přijala Evropská komise (na základě závěrů Evropské rady z března 2007) soubor opatření, a to 20-30% snížení emisí skleníkových plynů, 20% podíl obnovitelných zdrojů na spotřebě energie a 10% podíl udržitelných biopaliv v dopravě. Pro ČR je navržený podíl obnovitelných zdrojů 13% konečné spotřeby energie. [4]

Mezi biogenní paliva patří mimo jiné bionafta (methyl/ethylestery rostlinných či živočišných olejů), čistý rostlinný olej - v Evropě nejčastěji řepkový, vodík, Sunfuel - syntetické palivo vyrobené z biomasy - zbytkového dřeva, slámy, bioodpadu a energetických plodin, E-Diesel – směs 80%nafty,15%etanolu a 5% aditiv. Velmi perspektivní je především rostlinný olej. Energie uložená za rok v rostlinách odpovídá

padesátinásobku celosvětové spotřeby, což ukazuje na obrovský potenciál biogenních paliv. [5]

Biomasa jako zdroj obnovitelné energie je velmi žádaná. Uvolňuje do ovzduší samozřejmě také oxid uhličitý, ale jen v takovém množství, v jakém byl procesem fotosyntézy fixován do pletiv energetických rostlin. Biomasu jsme schopni produkovat na našich polích a s vlastními prostředky, což zdaleka nejde říci o palivech fosilních - v našem případě ropě, transportovaných k nám z geopoliticky nestabilních zemí.

Řepka olejka je účelově pěstovaná rostlina pro energetické využití. Řepkový olej je možné využít pro běžný vznětový motor s úpravou na palivové soustavě, která umožňuje spalovat jak motorovou naftu, tak rostlinné oleje. [2]

V současné době je MEŘO (methylester řepkového oleje) v řádech jednotek procent přimícháván do veškeré u nás spotřebovávané motorové nafty. [2]

16.12.2008 - Vláda schválila novelu zákona o spotřební dani, která osvobozuje od daňové povinnosti čistá biopaliva a u směsných paliv jejich biosložku.

„Je to zásadní krok pro úspěšný rozvoj produkce a využívání biopaliv," přivítal rozhodnutí vlády ministr životního prostředí Martin Bursík.

Návrh zákona vyplývá ze schváleného materiálu „Program podpory dalšího uplatnění biopaliv v dopravě", který připravilo Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí.

Princip daňového zvýhodnění jednotlivých vysokoprocenních směsí biopaliv s tradičními fosilními pohonnými hmotami spočívá v tom, že biologická složka paliva není zatížena spotřební daní. Biopaliva, u kterých má dojít k daňovému zvýhodnění, jsou vyrobena na bázi metylesterů mastných kyselin nebo bioetanolu, dále se jedná o čisté rostlinné oleje a bioplyn.

Schválená novela zákona umožňuje osvobození u čistých rostlinných olejů, čistých metylesterů mastných kyselin a bioplynu. V současnosti již platí, že směs motorové nafty s metylesterem mastných kyselin (FAME, například metylester řepkového oleje), kde FAME představují 31 % objemových všech látek obsažených ve směsi (tzv. směsná motorová nafta - SMN 30), má sníženou sazbu spotřební daně (6 866 Kč/1000 l). U pohonné hmoty E 85 bude nově možnost uplatnění nároku na vrácení spotřební daně z podílu bioetanolu. Pohonná hmota E 95 je v novele zákona

od spotřební daně v rámci pilotních projektů technologického vývoje ekologicky příznivější palivové směsi osvobozena úplně.

Budoucnost vidí Ministerstvo životního prostředí především v biopalivech II. generace, která využívají energii z rostlinné celulózy a je tedy možné je vyrábět například z odpadu z výroby potravin. Česká republika má dostatek volné zemědělské půdy i na pěstování dostatečného množství surovin, která budou pokrývat povinně přimíchávaný podíl biosložky do nafty a benzínu (od příštího roku zvýšený na 3,5 % u benzínu a 4,5 % u nafty), aniž by to vedlo k nárůstu cen potravin. Osvobození od spotřební daně zvýší cenovou konkurenceschopnost biopaliv oproti benzínu a naftě. „Je to významná podpora českému zemědělství a zároveň další úleva životnímu prostředí," říká ministr Bursík. Kromě toho tento krok opět může o něco snížit závislost české ekonomiky na ropě a přispět ke snížení emisí - především skleníkových plynů - z dopravy. [6]

1.2 Co jsou to biopaliva

Mezi biopaliva/ biokomponenty patří celá řada produktů vyrobených z obnovitelných zdrojů, zatím nejrozšířenější a v současné době aktuální jsou:

Bioetanol - přidávaný do automobilového benzínu. Surovinou pro jeho výrobu je cukrová řepa, obilí, cukrová třtina, kukuřice, atd.,

Bioetanol se prakticky uplatňuje několika způsoby:

- 1) Jako náhrada benzínu – směs (bioetanolu a benzínu) s vysokým obsahem bioetanolu pro speciálně přizpůsobené zážehové motory (vyšší kompresní poměr motoru, úpravy palivového systému, atd.), nebo pro motory FFV (Flexible Fuel Vehicles). Zde se zjišťuje množství bioetanolu v palivu pomocí koncentrace kyslíku ve výfukovém potrubí. Podle toho se pak nastavují parametry motoru, jako: dávkování paliva, předstih zážehu atd. Například, palivo označované jako E85 obsahuje 85 % etanolu a 15 % benzínu. [7]
- 2) Bioetanol přidáný do benzínu v maximálním množství do 20 % zvyšuje oktanové číslo a nevyžaduje žádné přizpůsobení benzínového motoru. [7]

- 3) Bioetanol lze uplatnit i u vznětových motorů. Toto řešení nemá dosud příliš široké uplatnění. Nejznámější způsoby jsou např.: vstřikování nafty a bioetanolu pomocí dvou vstřikovacích čerpadel - jedno čerpadlo vstřikuje naftu a druhé vstřikuje bioetanol, nebo nasávání směsi vzduchu s bioetanolem a vstřikování nafty do válce. [7]

ETBE

Etyltercbutyléter (ETBE) je vyráběn reakcí etanolu (resp. bioetanolu) s isobutenem a obsahuje 47 % podíl biopaliva. Přimíchává se do benzínů a díky nižšímu obsahu kyslíku, nižšímu tlaku par ve směsi a také menší náchylnosti k oddělení kapalných fází vlivem vysokého obsahu vody se může mísit ve větším poměru než bioetanol. Oproti bioetanolu má ETBE navíc vyšší výhřevnost a vyšší oktanové číslo. [8]

SMN 30

V ČR je již dlouhou dobu využívaným palivem směsná motorová nafta (SMN30), která obsahuje minimálně 31% objemu MEŘO. Zbytek tvoří motorová nafta. [8]

FAME / MEŘO

FAME je Metylester mastných kyselin, v ČR nejvíce rozšířený metylester řepkového oleje (MEŘO) a využívá se jako náhrada motorové nafty. Pro výrobu FAME je možné použít také živočišné tuky. [8]

FAEE / EEŘO

Etylestery mastných kyselin jsou vyráběny reesterifikací etanolem. Etylester řepkového oleje (EEŘO) je vyráběn z řepkového oleje. Díky bioetanolu obsahuje vyšší podíl obnovitelných surovin, než MEŘO, které obsahuje metanol vyráběný z neobnovitelných zdrojů. FAEE lze vyrobit také z živočišných tuků. [8]

Rostlinný olej

V upravených pohonných jednotkách je možné jako palivo využít čistý rostlinný olej. [8]

Bioplyn

Bioplyn, obsahuje především metan a oxid uhličitý, ale také menší množství např. elementárního dusíku, oxidu dusného a sulfanu. Získává se fermentací zemědělských odpadů nebo z kalů čistíren odpadních vod. Využívá se jako motorové palivo podobné kvality jako je zemní plyn (obsahuje cca 98% metanu).[8]

1.2.1 Zákonná povinnost přimíchávat biosložky

Každý daňový sklad musí dle zákona č. 180/2007 Sb. zabezpečit přimíchání biosložek do pohonných hmot, které uvolňuje do volného daňového oběhu:

- od 1. září 2007 ve výši 2 % objemových z celkového množství motorové nafty
- od 1. ledna 2008 ve výši 2 % objemových z množství motorových benzinů
- od 1. ledna 2009 ve výši 3,5 % objemových z množství motorových benzinů
- od 1. ledna 2009 ve výši 4,5 % objemových z množství motorové nafty

[9]

1.3 Použití rostlinného oleje ve vznětovém motoru

1.3.1 Princip přestavby

Obecně lze říci, že na přestavbu je vhodný jakýkoli automobil se vznětovým motorem. Automobily, které jsou vhodné na přestavbu, třídíme podle použitého vstřikovacího čerpadla, pro které pak volíme vhodný palivový systém. Nejvhodnější na přestavbu jsou motory s řadovým vstřikovacím čerpadlem a starší dieselové a turbodieselové motory se vstřikovacím čerpadlem Bosch. U motorů TDI je převážně vhodnější použít dvounádržový systém. Nejnáročnější na přestavbu jsou motory vybavené technologií vstřikování PD (čerpadlo-tryska) a zejména Common Rail. Zde je nezbytně podmíněné použití dvounádržového systému, ale i tak je přestavba na těchto motorech dosti riskantní, protože díky velkým tlakům jsou zde velmi malé tolerance, a proto jsou zde kladeny větší nároky na kvalitu nafty, natož rostlinného oleje.

Princip přestavby na rostlinný olej, je založen na změně podmínek, při kterých se fyzikální vlastnosti rostlinného oleje přibližují naftě za normálních podmínek.[3]

Rozdíly v chemickém složení

- uhlovodíky proti esterům nenasycených mastných kyselin - obsah kyslíku

Rozdíly ve fyzikálních vlastnostech

-viskozita, hustota, povrchové napětí, výhřevnost, bod vzplanutí, cetanové číslo

[10]

Teplota	Viskozita nafty	Viskozita ŘO
100°C	pod 1,0	8
40°C	3,1	35
0°C	6,8	200
-10°C	10	400
-20°C	16	cca 1500

Tab. 1 Závislost viskozity na teplotě I [10]

Vlastnost	Rozměr	Nafta	Bionafta (MEŘO)	Řepkový olej
Poměr C : H: O	% m/m	87:13:0	77:12:11	77:12:11
Hustota	kg/m ³	820-845	860-900	900-930
Cetanové č.		min. 51	min. 51	min. 39
K.V./40°C	mm ² /s	2,0-4,5	3,5-5,0	max. 36
B.vzplanutí	°C	cca 55	cca 120	cca 220
Výhřevnost	MJ/kg	cca 43,0	cca 37,2	cca 37,5
Výhřevnost	MJ/litr	cca 35,7	cca 32,8	cca 34,5

Tab. 2 Ostatní fyzikální vlastnosti rostlinného oleje ve srovnání s naftou a bionaftou

I [10]

Z těchto údajů je patrný obrovský rozdíl ve viskozitě oleje a nafty.

Cetanové číslo – udává kvalitu motorové nafty z hlediska její vznětové charakteristiky.

Udává množství n-hexadekanu (cetanu) v objemových procentech ve směsi s aromatickým uhlovodíkem 1-metylnaftalenem.

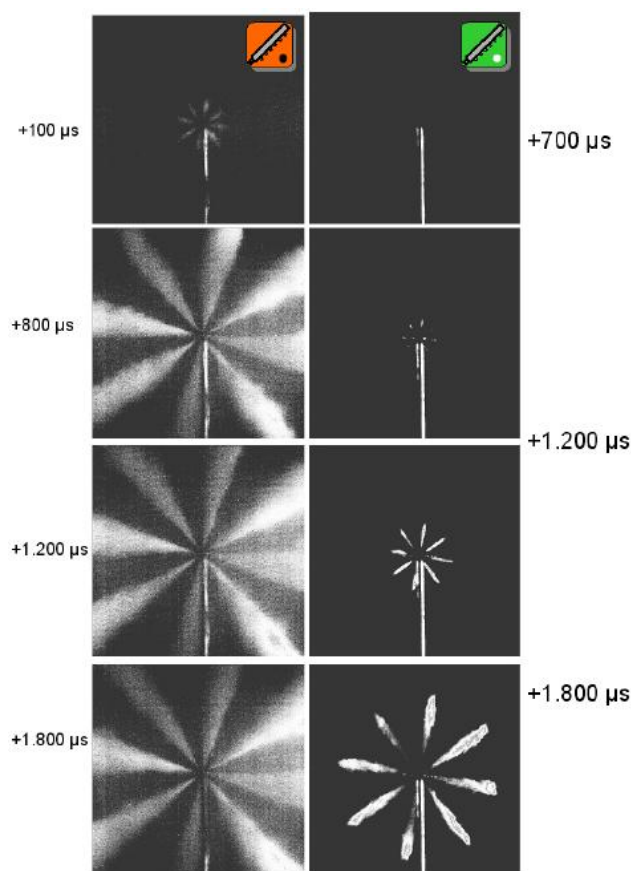
Jeho minimální hodnoty jsou předepsány jak právními předpisy pro Evropskou unii, tak v národních legislativách. [11]

K.V./40°C – Kinematická viskozita při 40°C.

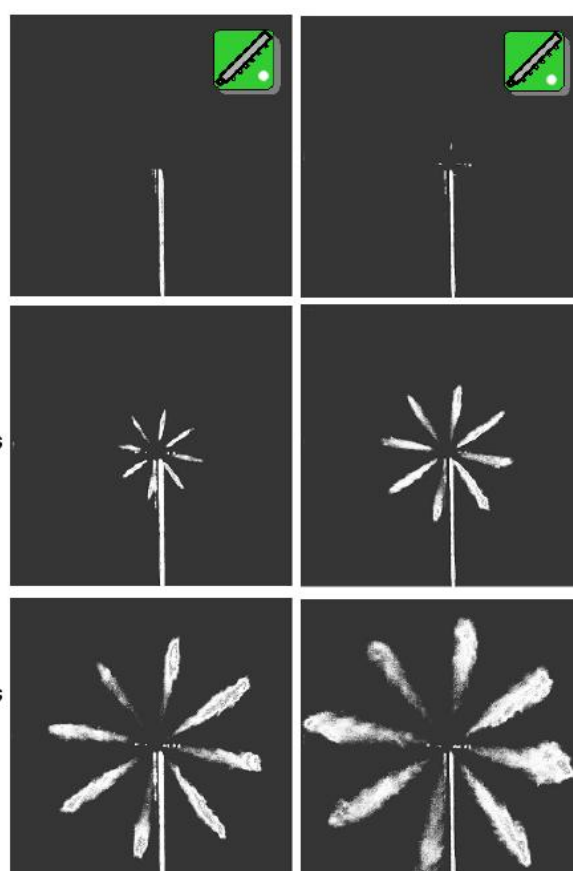
V zásadě se dnes používají tři cesty, jak snížit nadměrnou viskozitu.

1. Chemicky – Pomocí MEŘO, což je methylester řepkového oleje. Vyrábí se rafinačním procesem. Takzvanou esterifikací, kdy se mísí olej vylisovaný z řepkových semen s metanolem za pomoci katalyzátorů (hydroxidu sodného). Vedlejším produktem výroby methylesteru je glycerin, který lze použít dále k výrobě mýdel atd. V zahraničí se k výrobě FAME používá např. olej ze sójových bobů (MESO).
2. Tepelně – Zahříváním rostlinného oleje výrazně snížíme jeho viskozitu.
3. Smícháním s motorovou naftou – Toto řešení se kombinuje s ohřevem, a to nejčastěji v jednonádržovém systému. Ovšem právě tento způsob snižování viskozity je velmi často zneužíván domácími kutily, protože většina lidí míchá rostlinný olej v nádrži s naftou v různých poměrech a to bez předchozích změn na palivovém systému, což má za následek pozdější zničení vstřikovacího čerpadla. Díky těmto kutilům je používání rostlinného oleje odsuzováno u dnešní veřejnosti v ČR. [3]

1.3.1.1 Paprsky vstřiku nafty a řepkového oleje



Obr. 1 Rozdíl v rozprašování rostlinného oleje vs. Nafty (Common-Rail Systém, tlak 1500 bar, teplota 20°C) I [12]



Obr. 2 Rozdíl v rozprašování rostlinného oleje při teplotách 20 a 70°C (Common-Rail Systém, tlak 1500 bar, teplota 20°C vlevo a 70°C vpravo) I [12]

Na obrázku je vidět rozdíl v rozprašení paliva. Proto je nutné rostlinný olej ohřívat na vysokou teplotu, kde se fyzikální vlastnosti alespoň trochu blíží naftě.

1.3.2 Jednonádržový systém

Jednonádržový systém představuje jednodušší variantu přestavby na rostlinný olej. Ohřívání oleje je zde rozděleno do tří fází.

1. Pokud je motor studený, což znamená, že teplota chladicí kapaliny je pod cca 45°C, je rostlinný olej ohříván pouze elektrickým výměníkem.

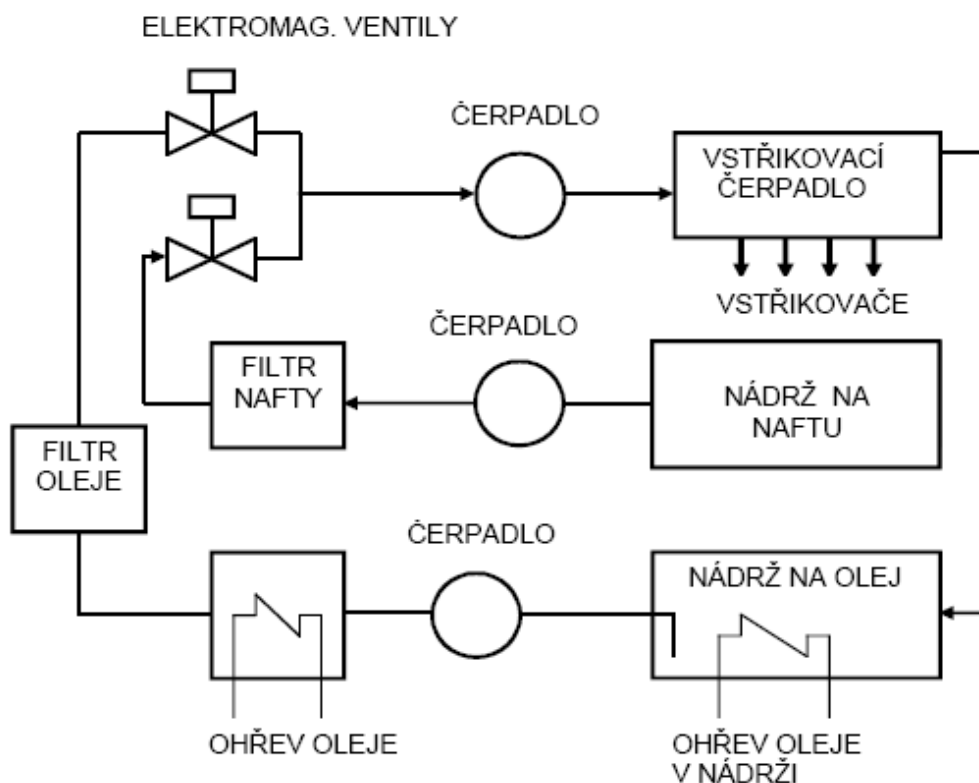
2. Jestliže teplota chladicí kapaliny vzroste nad 45°C, je rostlinný olej ohříván současně elektrickým výměníkem a zároveň vodou z chladicího systému. [3]
3. V okamžiku, kdy teplota chladicí kapaliny vzroste nad 75°C, je rostlinný olej ohříván už pouze vodou z chladicího systému. [3]

Jednonádržový systém klade při studených startech zvýšené nároky na vstřikovací čerpadlo, proto je použití tohoto systému závislé na použitém vstřikovacím čerpadle. Lze ho bez větších problémů instalovat do motorů s robustnějšími typy čerpadel, které mají vyšší tolerance. Například řadová čerpadla a většina motorů s čerpadly BOSCH (mimo VP44). Na některých z těchto čerpadel můžeme pozorovat zajímavý jev. A to zvýšený nárůst výkonu při jízdě na rostlinný olej. Je to důsledkem použití rostlinného oleje, který tvoří vyšší mezní vrstvu na povrchu součástí čerpadla, což má za následek snížení tolerancí na vstřikovacím čerpadle. To ale neplatí pro všechny typy čerpadel. U některých se výkon sníží, nebo zůstane stejný. Tento systém se nedoporučuje instalovat do motorů TDI, PD, Common Rail a motorů s čerpadly Lucas, protože tyto čerpadla jsou velice náročná na kvalitu rostlinného oleje.

V zimním období by se však do rostlinného oleje měla přidávat nafta. Konkrétní poměry je třeba vyzkoušet, ale doporučuje se přidávat 20-30%. [3]

1.3.3 Dvounádržový systém

Představuje propracovanější variantu vhodnou také pro modernější motory. Systém je zde vybaven dvěma nádržemi. V hlavní (původní) nádrži je rostlinný olej a v přídatné je nafta.



Obr. 3 Schéma dvounádržového systému I [13]

Cyklus přepínání je rozdělen do následujících fází.

1. Při nastartování studeného motoru je jako pohonné palivo používána nafta.
2. Po ohřátí rostlinného oleje na cca 70°C je pomocí elektromagnetických ventilů palivo přepnuto z nafty na rostlinný olej.
3. Může se stát, že v zimě, při nízkém zatížení motoru po delší dobu, dojde k poklesu teploty rostlinného oleje pod 70°C. Tehdy se palivo opět přepne na naftu.
4. Aby nedošlo ke ztuhnutí rostlinného oleje uvnitř vstřikovacího čerpadla, je nutné několik desítek vteřin před konečným vypnutím motoru přepnout zpět na naftu.

Dvounádržový systém má velké množství variací zapojení. Hlavní rozdělení je podle toho, jak cirkuluje ohřátý rostlinný olej, protože se může vracet zpět do nádrže, nebo může jen cirkulovat. Tomuto zapojení se říká zpátečka nakrátko. Při zpátečce paliva uzavřené nakrátko je palivo i nadále čerpáno z nádrže k motoru, ovšem nevrací se zpět. Palivo cirkuluje v prostoru motoru od hlavního palivového filtru přes výměníky a vstřikovací čerpadlo zpět k hlavnímu filtru. Nedílnou součástí tohoto zapojení, je

automatický odvzdušňovací ventil, jinak se v palivovém systému objevují vzduchové bubliny, které velice zhoršují chod motoru. Podávací čerpadlo čerpá z nádrže pouze tolik paliva, kolik se ho ve skutečnosti spotřebuje. Toto je velmi jednoduchá, levná a účinná metoda pro jízdu na rostlinný olej především při nízkých teplotách.[14]

Snad nejvíce kombinací, jak systém zapojit, se nachází ve způsobu ohřívání rostlinného oleje. Ohřívat ho můžeme buď elektrickým výměníkem, vodou z chladicího systému, nebo jejich různou kombinací. Také lze použít předehřev paliva před vstřikem do spalovacího prostoru. Dnes již existují i systémy, které nepotřebují startovat na naftu. Hlavní myšlenkou je zde elektrický ohřev motoru před startem. Následně se motor dostává do vysokého zatížení, tím se v motoru spálí všechny usazeniny, které by se normálně vytvořily.

Nedokážu si ovšem představit, použití tohoto řešení v osobních automobilech. Možná jen u hybridních motorů, a to tak, že by maloobjemový vznětový motor na rostlinný olej nabíjel akumulátory. Přejdem do vysokých zatížení by byl vyřešen další velmi vážný problém, a to prosakování rostlinného oleje do motorového oleje, které se děje při nízkém zatížení motoru. Rostlinný olej, který pronikne do motorového oleje, urychluje snižování alkality motorového oleje. V důsledku polymerace rostlinných olejů může docházet k zahušťování motorového oleje až do ztráty jeho čerpatelnosti. Rostlinné oleje tak způsobují rychlejší znehodnocování motorových olejů, a proto je nutné zkrátit intervaly pro jejich výměnu.

V neposlední řadě lze experimentovat s množstvím a zapojením podávacích čerpadel. [3]



Obr. 4 Polymerací zahuštěný olej I [13]

Dvounádržový systém je velice dobré řešení, ale aby mohl dobře pracovat a byl bezpečný pro motor, je zapotřebí tento systém řídit. Proto jsem se rozhodl ve své Bakalářské práci navrhnout a postavit řídicí jednotku, která by tento nedostatek řešila.

2 Elektronický řídicí systém

2.1 Popis řídicí jednotky

2.1.1 Požadavky na elektronický řídicí systém

Základní schopností tohoto řídicího systému by mělo být přepínání ventilů podle momentální teploty rostlinného oleje a chladicí kapaliny. Dále by měla být schopná informovat uživatele o momentálním stavu a měla by dovolit plně manuální režim.

2.1.2 Stručný popis sestavené řídicí jednotky

Srdcem řídicí jednotky je mikrokontroler Atmel AVR, a to Atmega16, který bohatě postačuje pro tuto činnost. Tento procesor byl vybrán především pro možnost připojení až čtyřech portů (PA až PD) a na portu PD možnosti připojení až osmi zabudovaných deseti-bitových AD převodníků, což řídicí jednotce poskytne velké možnosti. Nakonec byly použity jen dva na měření teploty. Jeden je vyveden na kontakty pro možnost budoucího připojení měřícího zařízení na zatížení motoru a další porovnává napětí na baterii, aby řídicí jednotka byla informována o vypnutí, případně zapnutí motoru.

Jednotka je dále osazena LCD displejem 16x2 znaků, na kterém se zobrazují veškeré informace.

V jednotce jsou zabudována čtyři 5-ti ampérová relátka. Kontakty na tři silnější například 80-ti ampérová jsou vyvedeny mimo jednotku. Slabší relátka postačují na přepínání elektromagnetických ventilů. Ty silnější umožňují připojit přídatná čerpadla nebo například elektrické vyhřívání. Protože na procesoru zůstaly volné ještě nějaké piny, není žádný problém kdykoliv přidat další relátka či analogové vstupy.

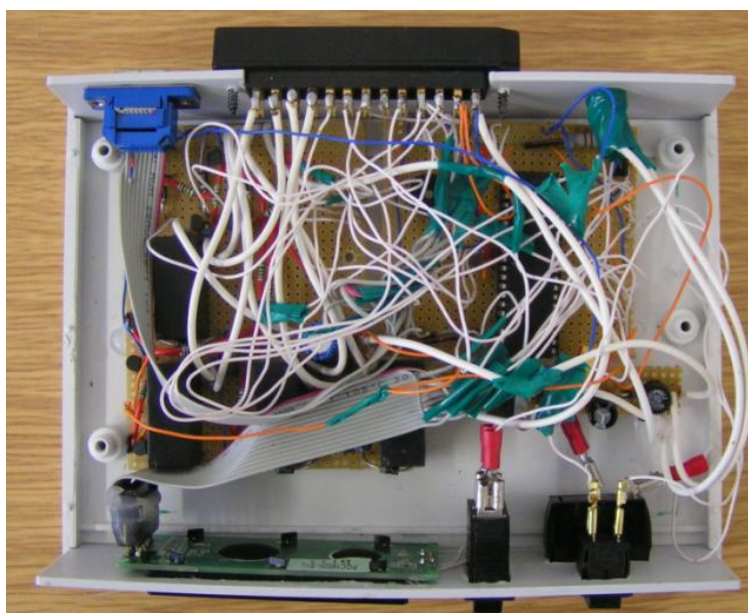
Na jednotce je také vyveden datový port, přes který se dá jednotka snadno přeprogramovat. Program je napsán v jazyce c++ a je popsán pro jednoduché nastavení. Software je doladěn tak, aby bylo ovládání jednotky velice jednoduché a zároveň upozorňovala na chyby, které uživatel udělá. Například - vypnutí motoru při běhu na rostlinný olej. Řídicí jednotka upozorní uživatele, že ve vstřikovacím čerpadle se stále nachází rostlinný olej. Pokud s tím uživatel nic neudělá, tak se po snížení teploty na cca 50°C zapne čerpadlo, které provede výměnu rostlinného oleje za naftu. Dále jsou na přední straně vedle displeje umístěna tři tlačítka. Dvě jsou přepínací a slouží k přepínání manuálního nebo automatického režimu. Když je

nastaven manuální režim, tak druhé slouží k přepínání mezi provozem na naftu nebo rostlinný olej. Třetí tlačítko pracuje jen při automatickém režimu a spouští sekvenci, která přepne na naftu a odpočítává 15 vteřin, po kterých bude ve vstřikovacím čerpadle nafta a upozorní vás, že můžete vypnout motor.

2.2 Konstrukce řídící jednotky



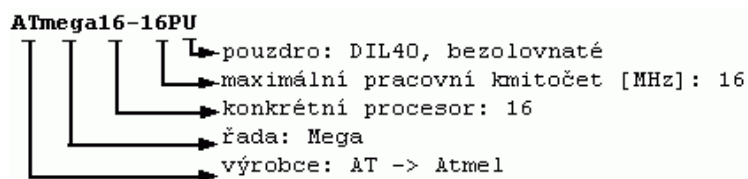
Obr. 5 Externí část sestavené řídící jednotky | Vlastní foto



Obr. 6 Interní část sestavené řídící jednotky | Vlastní foto

2.2.1 Mikrokontroler

Zvolen je mikrokontroler ATmega16-16PU.



Obr. 7 Označen mikrokontroleru a jeho význam I [15]

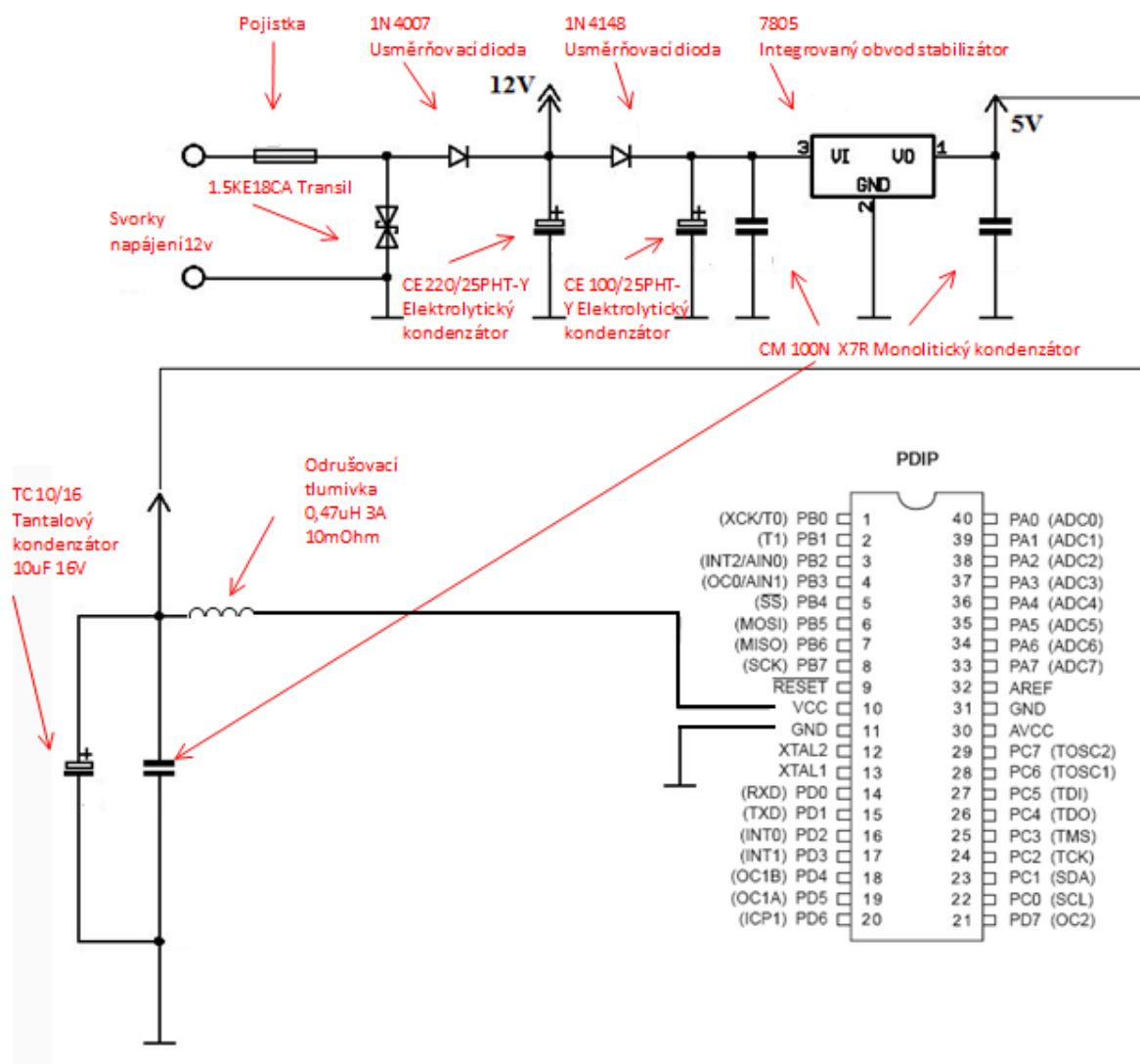
Atmega 16 je mikrokontroler z rodiny AVR od firmy Atmel. Procesor potřebuje ke své činnosti seznam instrukcí, které pak postupně vykonává. Seznam je nejčastěji uložen v paměti. Jaké jsou výhody procesoru? Kromě čtyř portů PA až PD má v sobě zabudován deseti-bitový AD převodník, SPI kanál, EEPROM o kapacitě 512bajtů, Watchdog ("hlídací pes") a čítače-časovače. Procesor může pracovat až na 16Mhz. Většina instrukcí, vyjma skoků a aritmetických operací, trvá jeden hodinový cyklus, což mu dává výkon 16milionů instrukcí za vteřinu. Procesor ATMEGA16 disponuje 1024bajtů RAM, a 16kB programové flash paměti. [17,21]

	ATMEGA16-16PU Integrovaný obvod 16MHz DIP40 Cena netto [CZK]: 53.20		Patice precizní, zlacená 40pin RM2,54mm Cena netto [CZK]: 17.70
---	--	--	---

Tab. 3 Použité díly k zapojení I <http://www.tme.eu/cz/katalog#main>

2.2.2 Zapojení napájení

Napájecí napětí 11,5 - 15V DC je připájeno na desku. Za svorkou s kladným napětím je zařazena rychlá pojistka a transil, který chrání další obvody proti přepětovým špičkám. Napájecí napětí 12V pro relé je filtrováno kondenzátorem CE 220. Napětí 5V pro mikrokontroler, znakový displej a AD převodník je získáno třísvorkovým stabilizátorem 7805, po oddělení diodou a filtraci kondenzátorem CE 100. Dále se na této větvi nachází odrušovací tlumivka, která odstraňuje rušení vzniklé spínáním relétek. [17]



Obr. 8 Schéma zapojení napájení pro mikrokontroler I [17,21]

2.2.2.1 Použité součástky na zapojení napájení

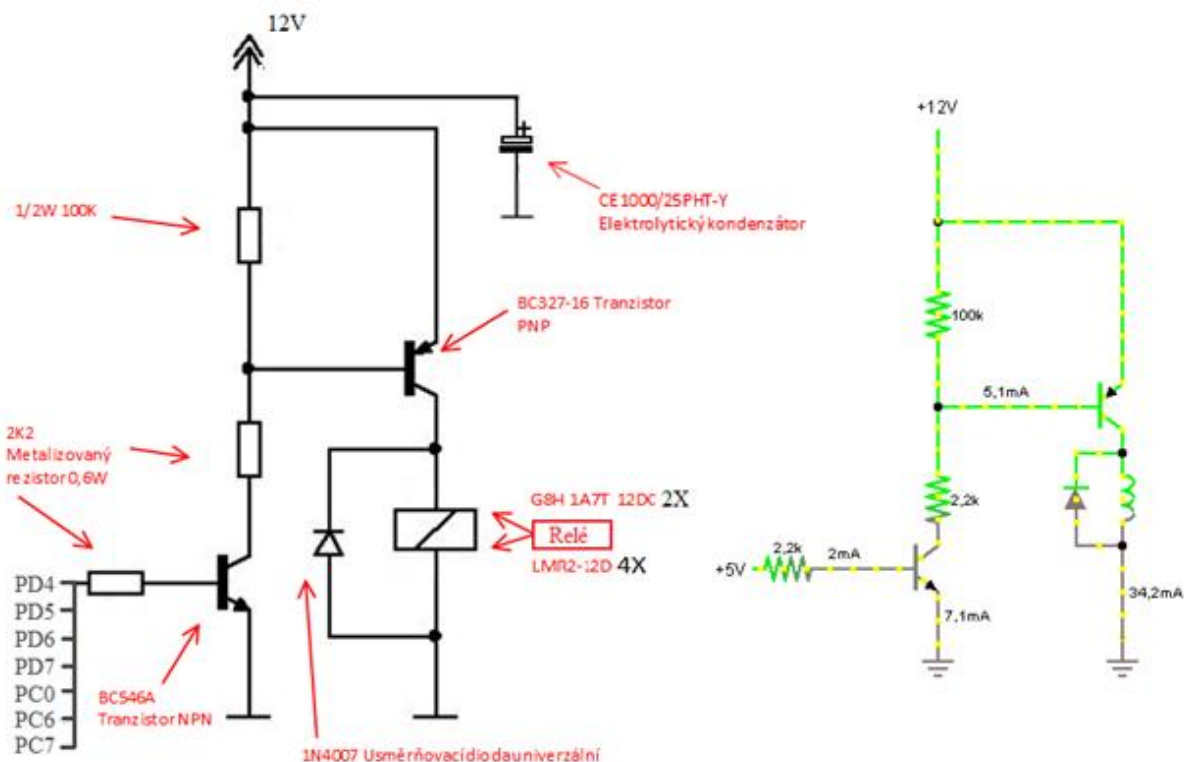
	7805 Integrovaný obvod stabilizátor +5V 1A neizolovaný TO220 Cena netto [CZK]: 3.84		CE 100/25PHT-Y Elektrolytický kondenzátor 100uF 25V 105°C 6x12 Cena netto [CZK]: 0.651
	RFS 0.16A Pojistka rychlá TR5 250V 0,16A Cena netto [CZK]: 10.60		CM 100N X7R Monolitický kondenzátor 100nF Cena netto [CZK]: 0.887
	1N4007 Usměrňovací dioda univerzální 1A 1000V Cena netto [CZK]: 0.591		15KE18C Transil 18V obousměrný Cena netto [CZK]: 9.28
	1N4148 Usměrňovací dioda 75V 0,01A <4ns Cena netto [CZK]: 0.408		TC 10/16 Tantalový kondenzátor 10uF 16V 20% RM2,5mm Cena netto [CZK]: 3.31
	CE 220/25PHT-Y Elektrolytický kondenzátor 220uF 25V 105°C 8x12 Cena netto [CZK]: 0.828		Odrůšovací tlumivka 0,47uH 3A 10mOhm Cena netto [CZK]: 14.70

Tab. 4 Použité součástky na zapojení napájení I <http://www.tme.eu/cz/katalog#main>

2.2.3 Zapojení relátek

Zapojení relátek je konstruováno tak, aby bylo možné zapojit 12V relátka. To především proto, že by relátka s 5V cívkou nestačily pro spínání přídavných čerpadel a vyhřívání. V zapojení jsou použity dva bipolární tranzistory (PNP a NPN) a rezistory, které snižují proud tekoucí tranzistory. Zapojení je spínáno mikrokontrolerem, ke kterému jsou připojeny piny PC7, PC6, PC0 a PD4-PD7. Řídicí systém obsahuje sedm relátek. Čtyři z nich jsou 5A (PD4-PD7) a tři jsou 80A (PC0, PC6 a PC7). Slabší relátka jsou určena k zapojení elektromagnetických ventilů, nebo zařízení s nižším odběrem. Díky jejich menším rozměrům jsou vhodná pro umístění přímo do řídicí jednotky. Silnější relátka jsou umístěna mimo řídicí jednotku a to ze dvou důvodů. Za prvé, jejich rozměry jsou větší, a tak následná montáž by díky malému vnitřnímu prostoru byla obtížnější, a za druhé, v případě potřeby bude možné tato relátka obměnit. Schémata jsou navrhována v programu circuit. Výsledek je na obrázku vpravo. [17]

2.2.3.1 Schéma zapojení



Obr. 9 Schéma zapojení relátek I [17]

2.2.3.2 Použité součástky na zapojení relátek



1/2W 100K Rezistor

Cena netto

[CZK]: 0.278



1N4007

Usměrňovací dioda
univerzální 1A 1000V

Cena netto

[CZK]: 0.591



M0.6W 2K2

Metalizovaný rezistor

Cena netto

[CZK]: 0.396



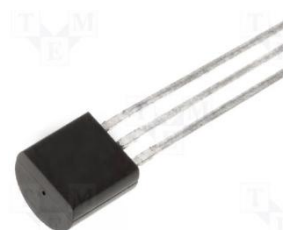
LMR2-12D

Elektromagnetické
relé 2x přepínací 5A

DC12V

Cena netto

[CZK]: 36.50



BC546A Tranzistor

NPN 80V 0,1A 0,5W

Cena netto

[CZK]: 0.651



G8H-1A7T-12DC

Cena netto

[CZK]: 62.20



BC327-16 Tranzistor

PNP 50V 0,8A 0,6W

Cena netto

[CZK]: 1.36



Elektrolytický

kondenzátor 1000uF

25V Cena netto

[CZK]: 4.83

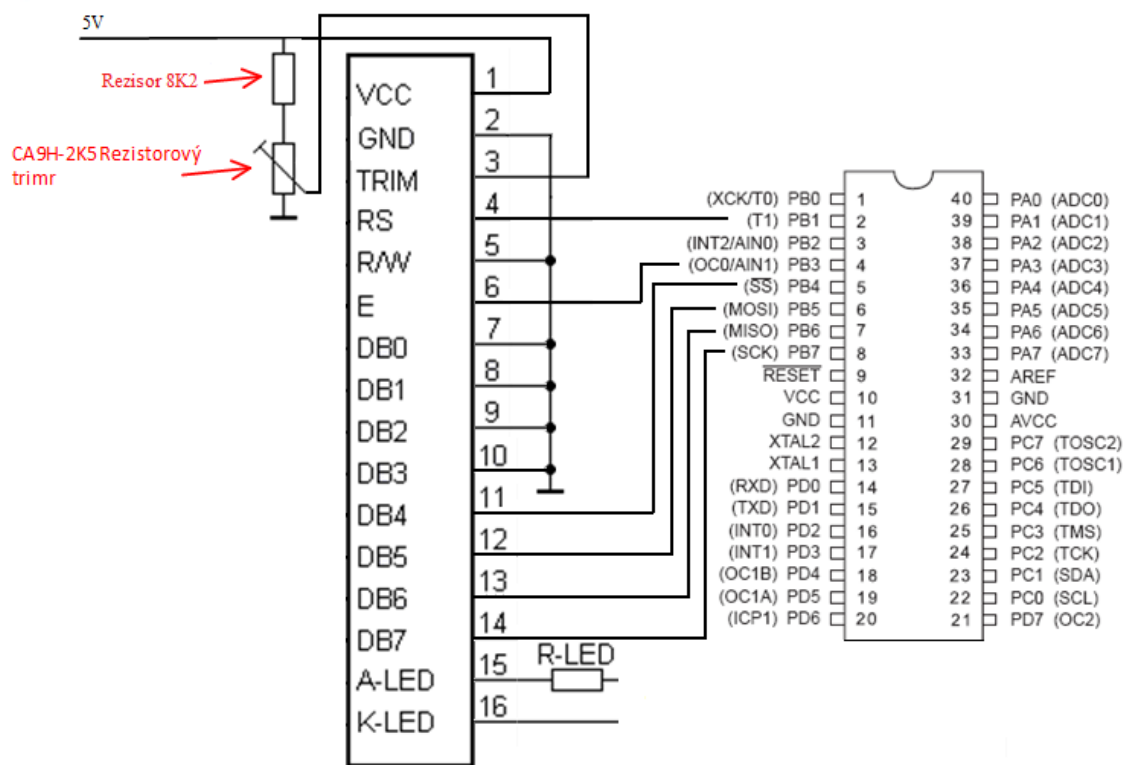
Tab. 5 Použité součástky na zapojení relátek | <http://www.tme.eu/cz/katalog#main>

2.2.4 Zapojení LCD displeje

K připojení znakového LCD displeje s řadičem HD44780 je třeba 4 nebo 8 datových vodičů, jeden na přepínání instrukcí připravených k zápisu dat (RS) a další s hodinovým signálem (E). Pro případné čtení dat z displeje je třeba ještě připojit pin (R/W), jinak je trvale uzemněn. Dále je zapotřebí připojit napájení displeje a také kontrast, který je připojen přes potenciometr, jehož pomocí lze kontrast regulovat. Podsvícení displeje zatím nebude zapojeno, protože v laboratoři, ve které bude jednotka pracovat, není zapotřebí. Základní znakovou sadu lze doplnit osmi vlastními znaky, které jsou pak dostupné pod kódy 0-7 a 8-15.

K připojení displeje je použita 4-bitová komunikace. Tuto komunikaci lze vhodně použít při nedostatku vývodů na procesoru. Bude sice 2x pomalejší, což se projeví jeho lehkým probliknutím při přepisování hodnoty, ale za 4 volné piny to stojí. Například při změně teploty se přepisuje celý displej a text tak lehce blikne, protože při 4-bitové komunikaci se data posílají nadvakrát. Nejdříve se pošlou vyšší 4 bity a zapíší se a pak nižší 4 bity. Nižší 4 bity (DB0-DB3) je nutné u 4-bitové komunikace uzemnit. Zapojení displeje s procesorem je na obrázku. [18,19]

2.2.4.1 Schéma zapojení



Obr. 10 Schéma zapojení znakového LCD displeje I [19,21]

2.2.4.2 Použité součástky na zapojení znakového LCD displeje



Displej 16x2 LCD 85x30x14mm
podsvícení LED

Cena netto [CZK]: 165.00

Datasheet

<http://zefiryn.tme.pl/dok/a06/prc1602a-series-1.pdf>



1W 8K2 Metalizovaný
rezistor 1W 8K2 5%
Ceny netto [CZK]:
0.887



CA9H-2K5
Rezistorový trimr
stojatý 2k5
Ceny netto
[CZK]: 5.68

Tab. 6 Použité součástky na zapojení LCD displeje | <http://www.tme.eu/cz/katalog#main>

2.2.5 Zapojení teplotních čidel

Jako teplotní čidlo je použit termistor NTC-K45-4.7 pro zašroubování. Jeho charakteristika sice není lineární, ale to nevadí. Odpor tohoto termistoru je $4,7\text{K}\Omega$ při 25°C . Je připojen v odporovém děliči s rezistorem 3K9 proto, aby jím při napětí 5V tekla proud 1mA. Výstupní napětí odporového děliče se spočítá ze vztahu:

$$U_t = U_{vcc} * \frac{R}{R + R_t} \quad (1)$$

U_t - výstupní napětí děliče

U_{vcc} - napájecí napětí (4,92V)

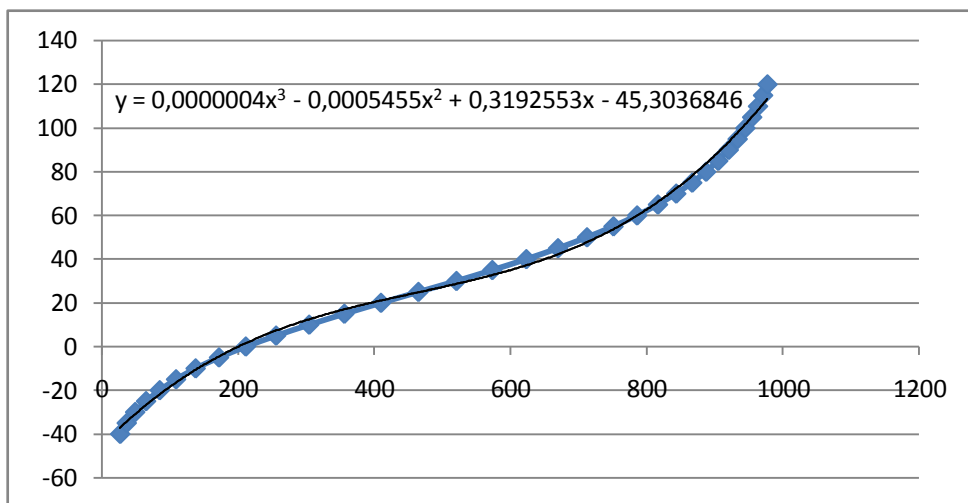
R – odpor rezistoru v sérii ($3,9\text{K}\Omega$)

R_t - odpor teplotního čidla

Hodnoty odporů termistoru jsou zjištěny z datasheetu. Po dosazení do předchozího vztahu dostaneme křivku závislosti napětí na teplotě. Napětí z děliče je přivedeno na

vstup PA0 pro první teplotní čidlo a na PA1 pro druhé teplotní čidlo. Piny PA0-PA7 jsou vstupy pro 10-ti bitový AD převodník. Takže zůstane volných 6 vstupů na AD převodníku, což umožní v budoucnu snadno přidat další periferie. Například by šlo připojit zařízení na měření okamžitého zatížení motoru. To by umožnilo při nízkém zatížení motoru přepínat na naftu. Bylo by tak možné vyhnout se potížím, které vznikají při průsaku rostlinného oleje do motorového. AD převodník je deseti bitový, takže jeho maximální hodnota je 1024 při $U_i = U_{ref}$. Referenční napětí je zvoleno U_{VCC} (tedy 4,92V). Pomocí následujícího vztahu se zjistí, jaká hodnota bude na výstupu z AD převodníku při různých napětích. Teď už jen stačí znázornit pomocí excelu graf tepelné závislosti na ADC (Hodnota na výstupu z AD převodníku). [20,21]

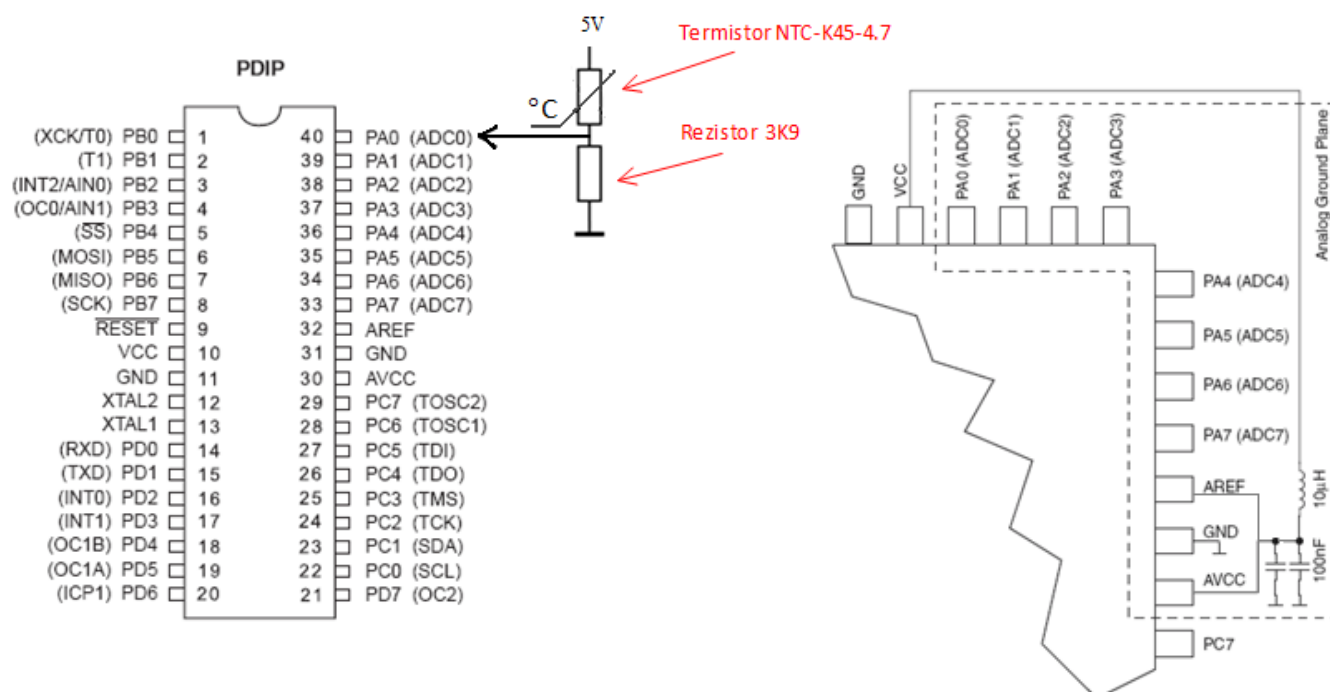
$$ADC = \frac{1024 * U_i}{U_{ref}} \quad (2)$$



Obr. 11 Graf závislosti teploty na hodnotě po výstupu z AD převodníku | Vlastní tvorba

Z grafu je vidět, že tato závislost je polynomičtá, proto je přidána spojnice trendů a zvolen polynom třetího řádu. Rovnici, která se zobrazila, je použita k přepočtu na °C.

2.2.5.1 Schéma zapojení



Obr. 12 Zapojení termistoru I [21]

Obr. 13 Zapojení referenční hodnoty pro AD převodník I [21]

Na obrázku vpravo je vidět zapojení reference pro AD převodník. Na toto zapojení se nesmí zapomenout, protože by procesor neměl referenční napětí, vůči kterému by pak porovnával.

2.2.5.2 Použité součástky na měření teploty



NTC-K45-4.7
Termistor pro
zašroubování, rozsah -
55/+125°C; 4,7kOhm
Ceny netto [CZK]:
29.51



C320C104K5R5TA
Monolitický
kondenzátor 100nF
50V
Ceny netto
[CZK]: 1.36



M0.6W 3K9
Metalizovaný rezistor
0,6W 3K9 1%
Ceny netto [CZK]:
0.396



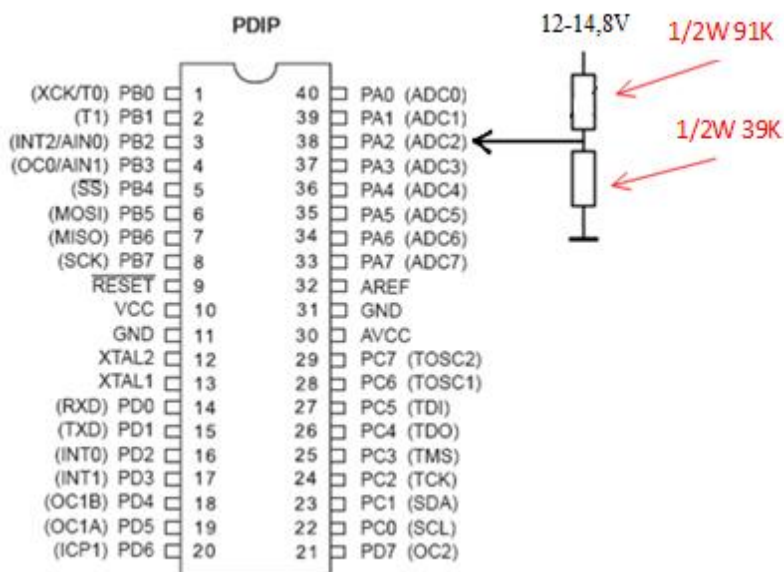
DLA10-N Axiální
tlumivka 10uH
Ceny netto
[CZK]: 2.31

Tab. 7 Použité součástky na zapojení termistoru a referenčního napětí I
<http://www.tme.eu/cz/katalog#main>

2.2.6 Měření napětí na svorkách

Aby mohla jednotka dobře pracovat, potřebuje být informována, jestli se motor nachází ve spuštěném či vypnutém stavu. Toho lze docílit měřením a porovnáváním napětí na svorkách. Pokud motor běží, alternátor dobíjí a na svorkách lze naměřit vyšší napětí (13,8 – 14,8 V). Tyto hodnoty jsou dosti závislé na použitém alternátoru a jeho regulátoru. Mikrokontroler však nedokáže měřit takto vysoké napětí, protože referenční napětí je 4,92 V. Proto je zapotřebí, pomocí napěťového děliče tuto hodnotu snížit.

2.2.6.1 Schéma zapojení



Obr. 14 Zapojení napěťového děliče I [21]

Pro zpětný přepočítání na svorkové napětí, je zapotřebí vztah:

$$U_s = \frac{ADC * U_{ref} * (R_1 + R_2)}{1024 * R_1} \quad (3)$$

U_s – svorkové napětí

ADC – hodnota na výstupu z AD převodníku

U_{ref} – referenční napětí (4,92V)

R_1 – odpor rezistoru (39K Ω)

R_2 – odpor rezistoru (91K Ω)

2.2.6.2 Použité součástky



Metalizovaný
rezistor 0,6W 39K
Ceny netto [CZK]:
0.41



Metalizovaný
rezistor 0,6W 91K
Ceny netto [CZK]:
0.41

Tab. 8 Použité součástky na dělič napětí I <http://www.tme.eu/cz/katalog#main>

2.2.7 Programátor a jeho zapojení

Mikrokontroler AVR lze připojit k PC přes ISP komunikaci (piny MISO, MOSI, SCK, RST a GND), nebo přes JTAG rozhraní (TCK, TMS, TDO, TDI a RST).

ISP programování je asi nejjednodušší a nejlevnější způsob programování AVR mikrokontrolerů. Není k němu potřeba téměř žádný hardware a software je freeware, ale nevýhodu má v tom, že na něm nelze provádět krokování, které se velice hodí při ladění programu. Proto bylo vhodné zakoupit si programátor UniProg. Tento programátor lze připojit, jak přes ISP, tak přes JTAG. Jeho cena není nikterak vysoká, cca 700 Kč. Přitom zvládá veškeré věci, které jsou potřebné.

Výhody programátoru UniProg od PK Design:

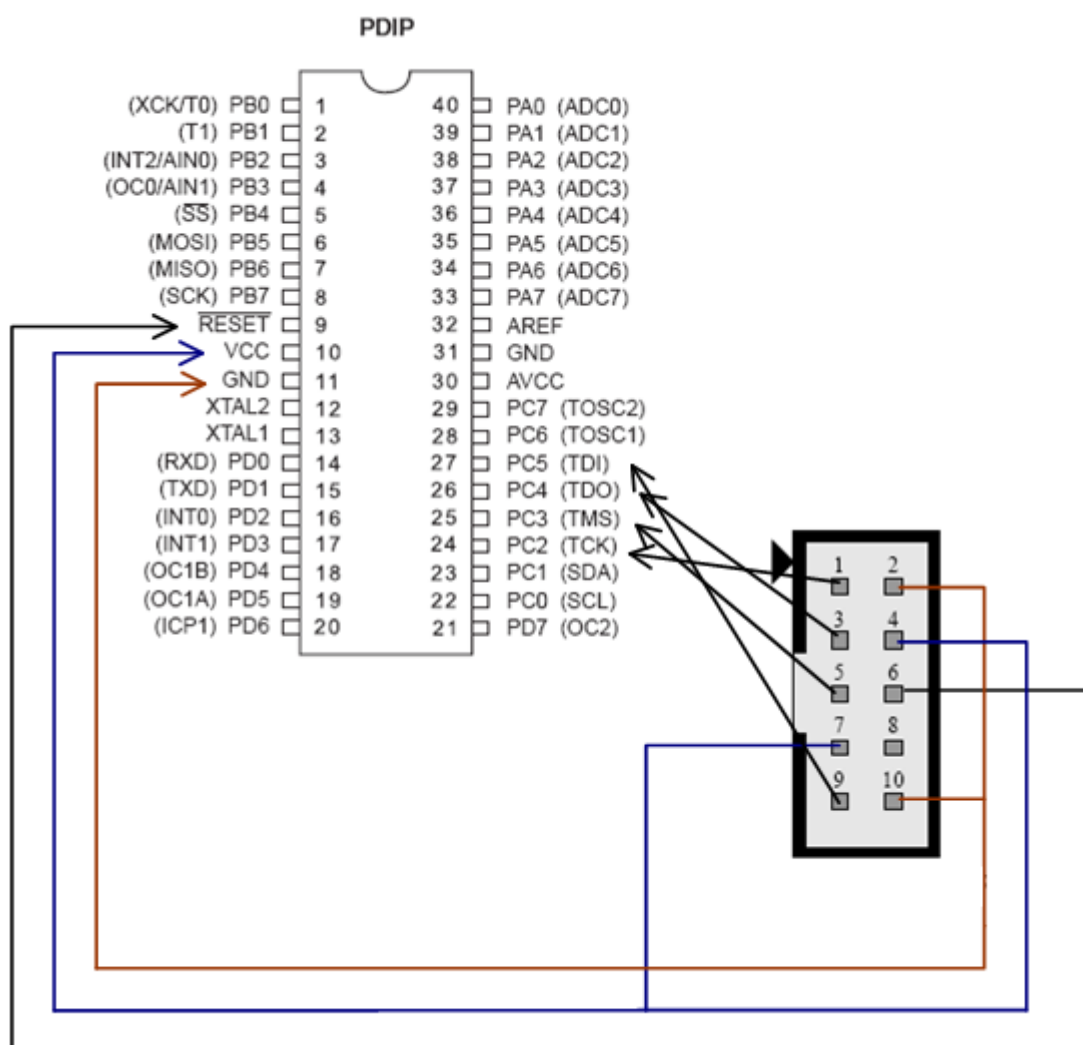
- Jednoduché připojení k osobnímu počítači přes USB port.
- Plnohodnotné galvanické oddělení.
- Vysoká komunikační rychlost s PC (až 921 600 baud).
- Programování přímo v aplikaci (výstupy jsou typu 3 stavová logika).
- Napájení 3.3V-5.0V.
- Vysoká univerzálnost vyplývající z použitého firmware, který je rozdělen na 3 samostatné části:
 - Bootloader – update dalších 2 částí firmware z PC.
 - AVR JTAG – programování a ladění obvodů Atmel AVR s JTAG rozhraním.
 - Virtual processor – provádí příkazy (ze spec. instrukční sady) zaslané z PC.
- Automatické spuštění 1 ze 3 částí firmware na základě detekce připojeného kabelu/redukce v konektoru MLW10.
- Programovací konektor (typ MLW10) je kompatibilní s ISP konektory základových desek systému MVS PKDesign.
- Velmi malé rozměry.

UniProg-USB je umístěn v krabici redukce CAN9-CAN9, z jedné strany je přístupný USB konektor typu A, ze druhé konektor MLW10. Umožňuje nejen programování, ale i ladění mikrokontrolerů Atmel AVR. Programovací kabel spolupracuje s originálním programem Atmel AVR Studio, ve kterém lze krokovat vykonávání instrukcí v mikrokontroleru, nastavovat hardwarové breakpointy, zobrazovat a měnit stav všech registrů, periférií a SRAM paměti. [22,23]

2.2.7.1 Zapojení JTAG rozhraní.

<i>Význam</i>	<i>Číslo</i>		<i>Význam</i>
TCK	1	2	GND
TDO	3	4	VCC
TMS	5	6	RST\
VCC	7	8	Nezapojeno
TDI	9	10	GND

Tab. 9 Zapojení JTAG rozhraní I [22]



Obr. 15 Zapojení JTAG rozhraní I [21,22]

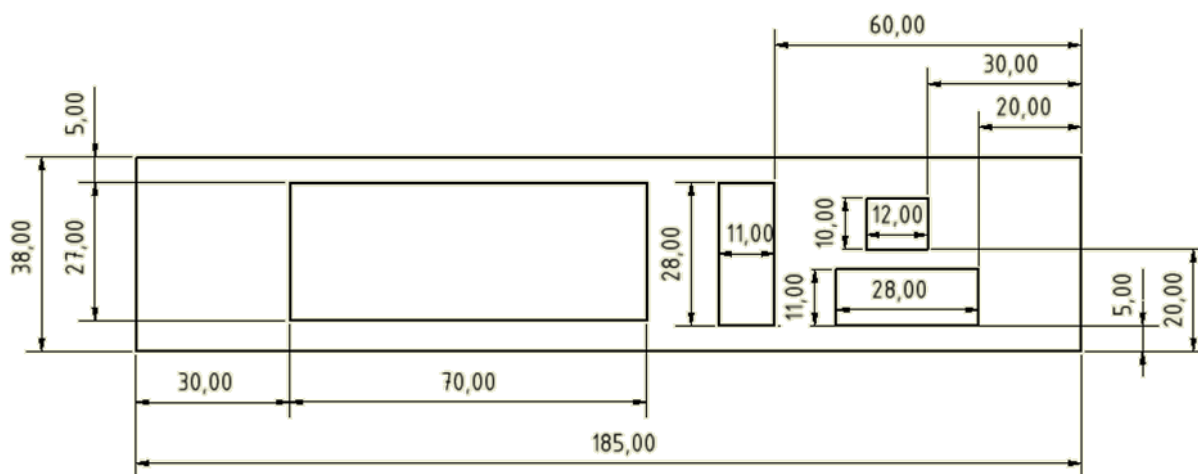
Konektor na připojení programátoru je vyveden na zadní kryt řídicí jednotky ve formě 9 pinového D-SUB konektoru.

2.2.8 Přední panel



Obr. 16 Přední panel I Vlastní foto

Do předního panelu krabičky jsou vyříznuty otvory na dva kolébkové přepínače, jedno tlačítko a znakový LCD displej. Rozmístění a rozměry jsou vidět na obrázku.



Obr. 17 Uspořádání předního panelu I vlastní tvorba

Kolébkové přepínače slouží k ovládání manuálního režimu. První (vertikálně orientovaný) kolébkový přepínač slouží k zapínání manuálního ovládání a je napojen na PD2. Druhý (horizontálně orientovaný) kolébkový přepínač je připojen na PD0 a slouží k zapínání běhu na rostlinný olej. Pokud je vypnut, motor pracuje na naftu. Tlačítko je napojeno na PD3 a slouží k automatickému vypnutí, ale protože motor, na kterém bude tato jednotka pracovat, se vypíná manuálním uškrcením vstřikovacího čerpadla, jednotka místo konečného vypnutí pouze upozorní na možnost vypnout motor.



Kolébkový spínač 1x
spínací. ON-OFF
Ceny netto
[CZK]: 16.91



Univerzální krabička ABS, přední+zadní
čelo, 190x136x42



Tlačítkový spínač
hranatý OFF-(ON)
Ceny netto
[CZK]: 17.68

Cena netto [CZK]: 70.40

Tab. 10 Použité součástky I <http://www.tme.eu/cz/katalog#main>

2.2.9 Zadní panel



Obr. 18 Zadní panel I Vlastní foto

Do zadního panelu jsou opět vyříznuty otvory na napájení, komunikaci s počítačem a připojení periferii. Konektor na připojení programátoru je ve formě 9 pinového D-SUB konektoru.

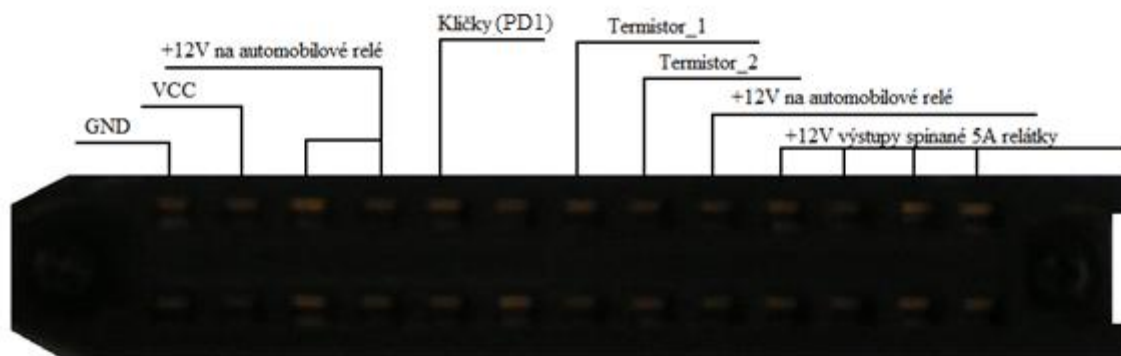


Zásuvka D-SUB
samořezná na plochý
kabel 9 pinů
Ceny netto
[CZK]: 27.14



PC-G2.1 Napájecí
vidlice DC
montovaná za čelo
kolík 2,1 mm
Ceny netto
[CZK]: 16.50

Tab. 11 Použité součástky I <http://www.tme.eu/cz/katalog#main>



Obr. 19 Obrázek konektoru pro připojení periférii I Vlastní tvorba

2.3 Programování řídicí jednotky

2.3.1 Programové vybavení

K programování mikrokontroleru byly zapotřebí následující programy:

- AVR Studio 4 a Atmel Touch Library - lze volně stáhnout z http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=2725
- WinAVR - <http://winavr.sourceforge.net/download.html>

Všechny jsou freeware (volně stažitelné). Instalace ovladačů na PC a nastavení virtuálního COM portu je dobře popsáno v manuálu programátoru UniProg. Návod je možné stáhnout na internetové adrese <http://www.pk-design.net>.

Po instalaci už se jen spustí AVR Studio 4, v něm založí nový projekt a může se začít psát program.

Struktura programu:

- 1) Definice registrů
- 2) Definice proměnných
- 3) Procedury
- 4) Funkce Čtení AD převodníku
- 5) Přerušení
- 6) Hlavní program

2.3.2 Definice registrů

Nejprve je nutné nadefinovat názvy registrů k jejich adrese. U procesorů jsou veškeré periferie jako porty, časovače, AD převodníky, atd. namapovány do paměti (SRAM), proto přístup na tyto periferie je jednoduchý a to zápisem, nebo čtením z určité adresy v paměti. To je pro laický účel poměrně nepraktické. Proto se odkazuje na tzv. hever files, který přiřazuje názvy k adresám paměti. Pak totiž stačí jen napsat např. PORTA, atd. místo zdlouhavého psaní adres.

```
#include <avr/io.h>          // definice io registrů atd
#include <avr/eeprom.h>      // zápis a čtení EEPROM
#include <avr/interrupt.h>   // přerušení
#include <stdlib.h>          // konverze typů
#define LCD                 // použij funkce pro LCD z "moje.h"
#include "C:\test\Inc\moje.h" // obsahuje celou řadu maker, které byly nalezeny
                             // na internetu a upraveny pro tyto potřeby. Obsah se stručným popisem lze nalézt
                             // v příloze 2 této bakalářské práce.
```

Obr. 20 Ukázka z programu I Vlastní tvorba

2.3.3 Definice proměnných

Všechny proměnné a konstanty musí být před použitím deklarovány. Je nutné si dát pozor na velikosti písmen, protože x a X není totéž. Všechny globální proměnné mimo registrových budou uloženy v RAM. Můžeme používat typy WinAvr, nebo klasické typy jazyka C.

Typy proměnných:

int8_t	signed char	8 bit	-128 až 127
uint8_t	unsigned char	8 bit	0 až 255
int16_t	Int	16 bit	-32768 až 32767
uint16_t	unsigned int	16 bit	0 až 65535
int32_t	Long	32 bit	$2,14 \cdot 10^9$ až $2,14 \cdot 10^9$
uint32_t	unsigned long	32 bit	0 až $4,29 \cdot 10^9$

Tab. 12 Typy proměnných I [24]

```
float teplo,teplota1,prep,teplota2,teplota_pom,napeti_pom;  
int tep,i,j,vypnuti,predchozi,sum_nafta,k,L,m; //predchozi (1-Olej, 0-Nafta)  
                                         vypnuti (0-ještě nebyl proplach, 1-byl)  
char tep_str1[3],tep_str2[3],j_str[3];
```

Obr. 21 Ukázka z programu I Vlastní tvorba

2.3.4 Funkce a procedury

Funkce je část programu, kterou je možné opakovaně volat z jakéhokoli místa programu. Funkce může být volána s parametry, které později mohou ovlivnit hodnotu při navrácení. Návrátová hodnota zdaleka nemusí být jejím jediným výsledkem, ale mohou samostatně získávat data z paměti nebo jiných vstupů a provádět i výstupní operace. Pokud funkce nevrací žádnou hodnotu, potom se nazývá procedurou. [25]

2.3.4.1 Procedura nafta

Procedura nafta slouží k přepínání elektromagnetických ventilů. V režimu Nafta neteče cívku relé žádný proud, tudíž je rozpojené. Při vyvolání procedury nafta se kontroluje, jestli nebylo zmáčknuto tlačítko vypnout (vypnuti = 1). Pokud ano, nesmí se provádět žádná změna, protože motor běží na naftu a čeká na vypnutí. Když ne, nastaví se ventily. Toto nastavení lze lehce měnit pouhým přepsáním hodnoty, nebo lze vložit čekací smyčku. Jednotka dále potřebuje vědět, jaké palivo se momentálně nachází ve vstřikovacím čerpadle. To zjistí z proměnné (predchozi).

Pokud se rovná (1) je ve vstřikovacím čerpadle rostlinný olej. Pokud je rovno (0), nachází se tam nafta. Dále je zapotřebí uvažovat, že musíme počkat, než se provede výměna paliva. To zajišťuje čekací smyčka s proměnnou sum_nafta.

```
void nafta(void)
{
    if (vypnuti==0)                // Zajišťuje, aby se neprováděly žádné změny na
    {                               // nastavení ventilů po stisknutí tlačítka vypnout.
        clrb(PORTD,4);             // 5A
        clrb(PORTD,5);             // 5A
        clrb(PORTD,6);             // 5A
        clrb(PORTD,7);             // 5A
        clrb(PORTC,0);             // 80A - přidavné čerpadlo na výměnu paliva
        clrb(PORTC,6);             // 80A
        clrb(PORTC,7);             // 80A
        if (sum_nafta<=15)         // Zajišťuje, aby se provedlo -
            sum_nafta++;           // předchozí =0, poté co poběží 15s naftu.
        else                       // Jeden cyklus trvá cca 1s. Celkem cca 15s
        {
            predchozi=0;
        }
        gotoxy(1,14);              // Jde na příslušný řádek a sloupec na displeji.
        lcd_text("Naf");           // Na displej napíše aktuální provoz (nafta).
        gotoxy(2,14);
        lcd_text("ta");
    }
}
```

Obr. 22 Ukázka z programu – procedura nafta I Vlastní tvorba

2.3.4.2 Procedura olej

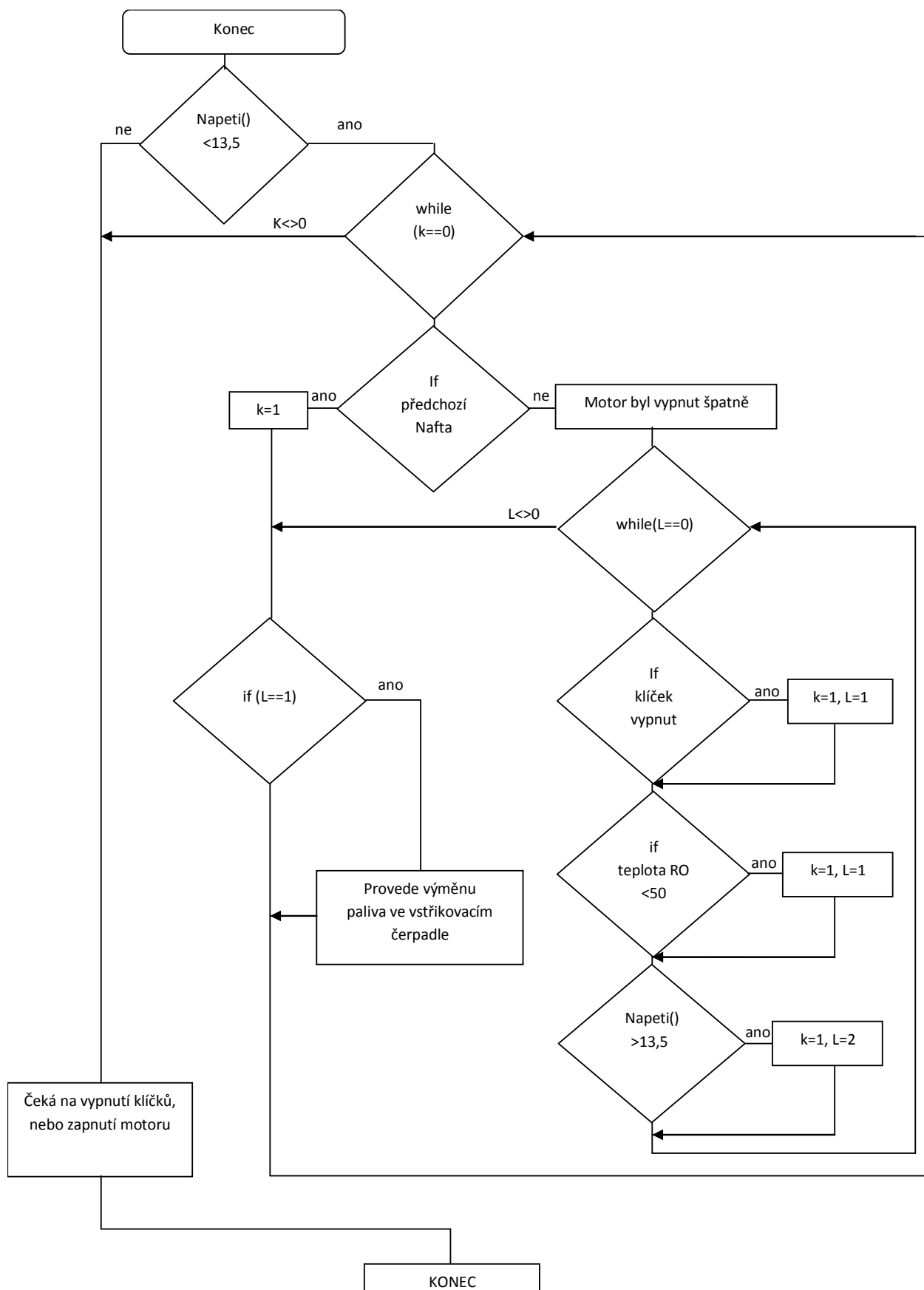
Procedura olej opět kontroluje, jestli nebylo zmáčknuto tlačítko vypnout. Pokud ano, nastaví ventily, do proměnné (předchozí) zapíše jedničku a vynuluje proměnnou (sum_nafta).

```
void olej(void)
{
    if (vypnuti==0)
    {
        predchozi=1
        setb(PORTD,4);           // Nastavení ventilů
        setb(PORTD,5);
        setb(PORTD,6);
        setb(PORTD,7);
        setb(PORTC,6);
        setb(PORTC,7);
        sum_nafta=0;
        gotoxy(1,14);
        lcd_text("RO");
        gotoxy(2,14);
        lcd_text("Oil");
    }
}
```

Obr. 23 Ukázka z programu – procedura olej I Vlastní tvorba

2.3.4.3 Procedura konec

Procedura konec se spouští po vypnutí motoru, které bylo zjištěno z napětí na napájecích svorkách. V proceduře se nejprve kontroluje, jestli motor před vypnutím pracoval alespoň 15 vteřin na naftu. Pokud ano, pak se čeká na opětovné zapnutí motoru, nebo vypnutí klíčků. Ovšem pokud ne, pak jednotka zahlásí chybu a upozorní na ní zvukovým signálem a zároveň zobrazí na displej příčinu. Následně už pouze čeká na zapnutí motoru nebo vypnutí klíčků. Po jejich vypnutí nebo ochlazení rostlinného oleje pod 50°C sepne přídatné čerpadlo, které provede výměnu paliva ve vstřikovacím čerpadle.



Obr. 24 Schéma procedury konec I Vlastní tvorba

2.3.4.4 Funkce Čtení AD převodníku

Pro řízení zabudovaného AD převodníku se používají speciální registry. První je registr ADMUX.

REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
-------	-------	-------	------	------	------	------	------

Tab. 13 Bity registru ADMUX I [21]

První dva bity slouží k nastavení referenčního napětí. Možnosti nastavení jsou vidět na následující tabulce.

REFS1	REFS0	
0	0	Vnější reference
0	1	AVCC (kondenzátor na AREF)
1	0	Bez významu
1	1	Vnitřní 2,56V

Tab. 14 Nastavení reference I [21]

Bitem ADLAR se zarovnává výsledek. Ve výchozím stavu (0) je zarovnán doprava. Pokud se bit nastaví, bude výsledek zarovnáván doleva.

Zbytek bitů registru slouží pro nastavení kanálu, popřípadě diferenčních kanálů.

Tabulka nastavení diferenčních kanálů bude umístěna v přílohách.

MUX	Výstup
4-0	
00000	ADC0
00001	ADC1
00010	ADC2
00011	ADC3
00100	ADC4
00101	ADC5
00110	ADC6
00111	ADC7

Tab. 15 Nastavení kanálů AD převodníku I [21]

Dalším důležitým registrem je registr ADCSRA. Tento registr řídí převod a informuje o stavu převodu.

ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
------	------	-------	------	------	-------	-------	-------

Tab. 16 Bity registru ADCSRA I [21]

Bit ADEN zapíná a vypíná AD převodník.

Pomocí bitu ADSC lze zjistit, v jakém stavu se převod nachází. Pokud je bit nastaven, převod stále probíhá. Pokud je bit vynulován, je převod hotov a výsledek je uložen do registru ADCW.

Bitem ADATE, se může povolit spuštění převodu externím zdrojem signálu (čítač/časovač, vnější přerušení...).

Bity ADIF a ADIE slouží pro indikaci a povolení přerušení po dokončení převodu.

A posledními třemi bity lze nastavit rychlost převodu. [26,21]

```
unsigned int read_adc0()
{
    ADMUX = 0; // inicializace A/D převodníku na kanálu 0
    ADCSRA = 0x86 ;

    ADCSRA |= 0x40; // zahájení měření
    while ((ADCSRA & 0x10)!=0); // čeká na dokončení
    ADCSRA |= 0x10;
    return ADCW;
}
```

Obr. 25 Ukázka z programu – Čtení z AD převodníku I Vlastní tvorba

```
float teplota (float prep) // Čtení teploty z teplotních čidel
{
    teplota_pom=0;
    teplo=(0.0000004*prep*prep*prep)-(0.0005455*prep*prep)+(0.31925*prep)-45.303;//
    y = 0,0000004x3 - 0,0005455x2 + 0,3192553x -
    45,3036846 – Funkce pro přepočet.
    for (i=1;i<=100;i++) // Průměruje 500 naměřených hodnot.
    teplota_pom=teplota_pom+teplo;
    teplota_pom=teplota_pom/500;
    return teplota_pom; // Navrátí teplotu jako celé číslo.
}
```

Obr. 26 Ukázka z programu – Přepočet na teplotu I Vlastní tvorba

2.3.5 Přerušení

Vnější přerušení se vyvolá krátkým uzemněním pinu INT0-INT2, a to jak při nastavení jako vstupní, tak i výstupní port.

Aby libovolné přerušení fungovalo, je nutné:

- 1) napsat funkci pro obsluhu přerušení
- 2) povolit všechna přerušení (sei())
- 3) povolit příslušné přerušení

2.3.5.1 Povolení vnějších přerušení

Nastavení přerušení INT0 – INT2 se provádí ve dvou registrech.

Registr GICR

Zde se povolují přerušení INT0 - INT2.

INT1	INT0	INT2	-	-	-	IVSEL	IVCE
------	------	------	---	---	---	-------	------

Tab. 17 Bity registru GICR I [21]

Registr MCUCR

Bity ISC01 a ISC00 nastavují citlivost vstupu INT0.

Bity ISC11 a ISC10 nastavují citlivost vstupu INT1

SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00
-----	----	-----	-----	-------	-------	-------	-------

Tab. 18 Bity registru MCUCR I [21]

- | | | |
|---|---|----------------------------------|
| 0 | 0 | přerušení akt. log. 0 |
| 0 | 1 | přerušení akt. jakoukoliv změnou |
| 1 | 0 | aktivováno sestupnou hranou |
| 1 | 1 | aktivuje se náběžnou hranou |

V případě úrovně citlivého přerušení se musí počítat s tím, že pokud se neobslouží přerušení ihned a podmínka pro jeho vyvolání zmizí, přerušení nebude vykonáno.

Pro nastavení INT2 slouží jediný bit a to ISC2 v registru MCUCSR [27,28]

- 1 citlivý na vzestupnou hranu
- 2 citlivý na sestupnou hranu

JTD	ISC2	-	JTRF	WDRF	BORF	EXTRF	PORF
-----	------	---	------	------	------	-------	------

Tab. 19 Bity registru MCUCSR I [21]

```
sei();           //povol všechna přerušení
setb(GICR,6);    //povol přerušení int0 (aktivuje tlačítko přepnutí na
                  manuální ovládání)
setb(GICR,7);    //povol přerušení int1 (aktivuje tlačítko vypnout)

//Nastavíme, čím bude vyvoláno přerušení:

clrb(MCUCR,0);   //přerušení akt. log. 0 pro int0
clrb(MCUCR,1);
setb(MCUCR,2);   //přerušení akt. log. 0 pro int1
clrb(MCUCR,3);
```

Obr. 27 Ukázka z programu – Povolení a nastavení přerušení I Vlastní tvorba

2.3.5.2 Obsluha přerušení

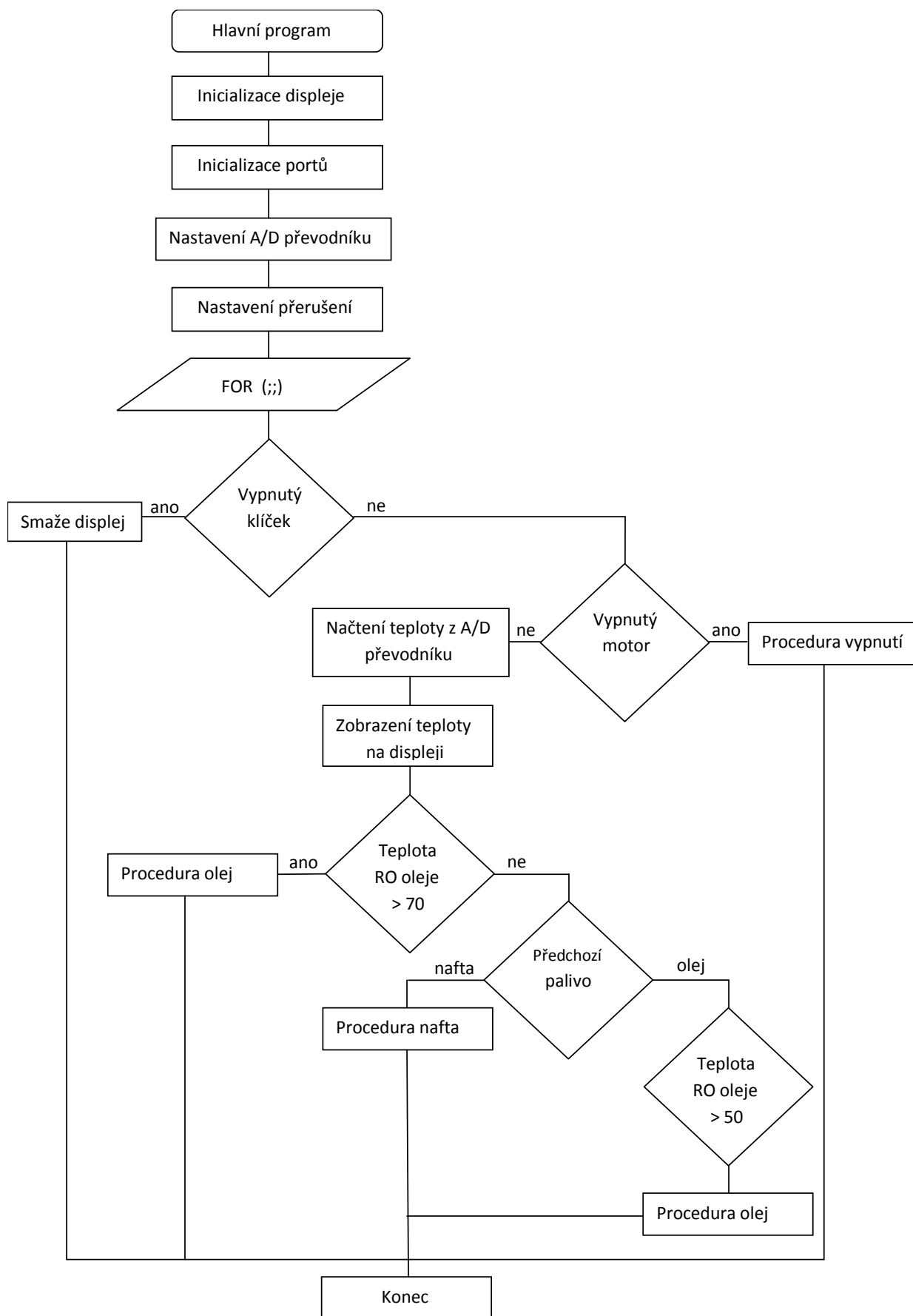
Přepínač 1 slouží k zapínání manuálního režimu a je připojen na přerušení INT 0 (pin PD2). Jeho sepnutím se vyvolá přerušení, ve kterém se pouze kontroluje stav přepínače 2, a díky tomu se paliva následně přepínají. Z toho vyplývá, že pokud je manuální režim vypnut, tlačítko 2 nemá žádnou funkci. Přerušení INT 0 je nastaveno tak, že se provádí neustále v cyklu, dokud není zrušena příčina, která tento jev vyvolala. To je v tomto případě zapnutí manuálního režimu. Poté, co se přerušení ukončí, začne procesor pracovat na témž místě, kde byl před jeho vyvoláním.

Podobně je vyřešeno přerušení INT 1, které má nižší prioritu než INT 0, takže lze přerušit skokem do manuálního režimu. Na pin INT1 je připojeno tlačítko pro vypnutí motoru. Lze použít pouze v automatickém režimu. Po stisknutí tohoto tlačítka přepne motor na naftu a začne odpočítávat 15 vteřin. Jestliže však dojde k vypnutí motoru před skončením odpočtu, provede se procedura konec, která je již popsána výše. Pokud odpočet proběhne do konce, na displeji se zobrazí zpráva, že lze vypnout motor bez problémů. Pokud však nechceme motor vypnout, můžeme přepnout na manuální režim a pokračovat v jízdě. S tímto řešením byl však drobný problém, který se projevoval opakovaným spouštěním přerušení. Jeho příčina byla v zakmitání tlačítka při změně stavu. Tento problém je odstraněn podmínkou, která se přepisuje po navrácení do hlavního programu.

Obsluhu přerušení se píše do funkce ISR(). Např. ISR(INT1_vect) - pro INT1. Je uvedena jako součást přílohy 1.

2.3.6 Hlavní program

Int main(void) je hlavní funkce. Zde začne procesor pracovat po startu, či restartu. Tato funkce se nesmí nikdy ukončit, jelikož další činnost není definována. Při skončení této funkce by došlo k nějakému nedefinovanému stavu. Procesor může z této smyčky vystoupit pouze při obsluze přerušení nebo při volání funkce. Po ukončení dané akce se vždy vrací zpět. Jako nekonečná smyčka se nejčastěji používá cyklus while(1), nebo for(; ;). Zde je použita smyčka for.



Obr. 28 Schéma hlavního programu I Vlastní tvorba

Před nekonečnou smyčkou se provádí úkony, které stačí udělat jen jednou, tedy inicializace.

2.3.6.1 Inicializace portů

```
DDRA = 0b11111000; // - směr portu ( 0 - vstup ; 1 - výstup )
PORTA = 0b00000000; //- u vstupu ( 0 - velká impedance, 1- pull-up )
DDRB = 0b11111011;
PORTB = 0b11111111;
DDRC = 0b11000011;
PORTC = 0b00111110
DDRD = 0b11110000;
PORTD = 0b00001111;
```

Obr. 29 Ukázka z programu – inicializace portů I Vlastní tvorba

2.3.6.2 Inicializace displeje

Před každým použitím je nutné LCD inicializovat. Pokud se připojí LCD k napájecímu napětí a kontrast k zemi, pak je vidět, jak vypadá neinicializovaný displej. V tomto případě je na něm zobrazeno 16 plných obdélníků. Pro jeho inicializaci se musí zaslat několik instrukcí. Výčet všech možných instrukcí je možné nastudovat v datasheetu. Nejčastěji používané jsou shromážděny a vloženy do souboru moje.h. Takže je teď lze lehce použít jako procedury. [18,19]

```

void init_lcd(void)
{
    DDR |= 0xf0;
    setb(DDR,RS);
    setb(DDR,EN);
    clrb(PORT,RS);
    clrb(PORT,EN);
    waitms(16);
    PORT |= 0x30;
    len();                //impuls Enable do LCD
    waitms(5);
    len();
    waitms(6);
    len();
    clrb(PORT,4);
    len();
    lcd_instr(0x28);
    lcd_instr(0x06);
    lcd_instr(0x0c);
    lcd_instr(0x01);
    waitms(3);
}

```

Obr. 30 Ukázka z programu – Inicializace displeje I [29]

3 Závěr

Téma mé bakalářské práce znělo „Řídicí systém pro střídání paliv různopalivového vznětového motoru“. Svoji práci jsem rozdělil do dvou hlavních částí. V první, teoretické, je popsána problematika využívání biopaliv pro pohon vznětového motoru, která je doplněná o ekonomický a environmentální pohled na dané téma. Následující, praktická, část je věnována podrobnému popisu řídicí jednotky, kterou jsem pro účel této práce navrhl a sestrojil. Řídicí jednotka je funkční a je připravená k praktickému testování na motoru Zetor na katedře KVM.

Sestrojená řídicí jednotka naplnila mé hypotézy o možnostech svého využití. Díky této bakalářské práci jsem si ověřil možnost řízení pomocí mikrokontroleru ATmega16. Dané řešení osobně považuji za nejvhodnější z toho důvodu, že pouhým přeprogramováním lze přizpůsobit danou řídicí jednotku parametrům jakéhokoli motoru a také ji lze velice snadno rozšířit o další analogové či digitální vstupy, popřípadě relátka. Současná volná kapacita na mikrokontroleru je sedm volných pinů, z nichž lze pět pinů použít například jako A/D převodníky.

Během finální fáze realizace řídicí jednotky došlo ke komplikacím, kdy došlo k elektrickému zkratu díky neodbornému pájení zapojení relátek. Dané potíže se mi podařilo vyřešit a v současné době je řídicí jednotka opět plně funkční a spolehlivá.

Realizace práce mě velmi bavila a byla mi velkým přínosem. Doufám, že výsledky mé práce najdou odezvu jak v praktickém využití, tak na katedře KVM.

4 Použité informační zdroje

- [1] Libuše Bautzová, *Ekonom* č.44. *Economia*, 2007, s.43
- [2] Tomáš Hlavenka, Michal Solařík, Petr Trávníček, *Biomasa jako zdroj energie*, Agroenergie 2008
- [3] Rostlinný olej jako obnovitelný zdroj energie [on-line]. [25. 4. 2009] Dostupné na internetu http://www.timur.cz/olej/energeticky_seminar.pdf
- [4] Jan Dusík, *Ekonom* č. 8. *Economia* 2008 s. 8
- [5] Dipl.– Ing. Adrej Glatz, Využití rostlinného oleje v praxi jako paliva – možnosti a zkušenosti, *Europecon* [on-line]. [25. 4. 2009] Dostupné na internetu <http://www.timur.cz/olej/vyuziti.pdf>
- [6] RNDr. Martin Bursík, *Biopaliva*, [on-line]. [17.12.2008] Dostupné na internetu <http://www.timur.cz/olej/vyuziti.pdf>
- [7] Prachař Lukáš, Petr Maršálek, Kazilovská Edita, Solfronková Alice, Možnost využití alternativních zdrojů v dopravě, [on-line], 7. 12. 2006 [20. 5. 2009] Dostupné na internetu <http://genesis.upce.cz/priloha/kpsdm-dopaziv.pdf>
- [8] Víceletý program podpory dalšího uplatnění biopaliv v dopravě <http://www.mze.cz/UserFiles/File/VPB-MZe-cz.doc>
- [9] *Biopaliva*, [on-line]. [20. 5. 2009] Dostupné na internetu http://www.ceproas.cz/Motorova_paliva/Biopaliva/
- [10] Vladimír Matějovský, Rostlinné oleje jako motorové palivo, [on-line]. [27. 4. 2009] Dostupné na internetu <http://www.petrol.cz/vystavy/petrolsummit2008/prezentace/02B%20Rostlinn%C3%A9%20oleje%20jako%20motorov%C3%A9%20palivo%20-%20Mat%C4%Bjovsk%C3%BD.ppt>
- [11] Cetanové číslo [on-line] 17. 1. 2009 [21. 5. 2009] Dostupné na internetu http://cs.wikipedia.org/wiki/Cetanové_číslo
- [12] Prof. Dr. – Ing. Ulrich Spicher, Dipl. – Ing. Dipl. – Gwl. Markus Lüft, Optimierung der Kreftstoffstrahlausbreitung für Pflanzenöl insbesondere natütliches Rapsöl, bei der Verwendung moderner Diesel-ein spritzsysteme, [on-line] 2007 [23. 5. 2009] Dostupné na internetu <http://bwplus.fzk.de/berichte/SBer/BWK25002SBer.pdf>

- [13] doc. Ing. Josef Laurin, CSc., Ing. Radek Holubec, Motorová paliva z rostlinných olejů, [on-line] [23. 5. 2009] Dostupné na internetu http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2008/2008_029_01.pdf
- [14] Automatický odvězdušňovací ventil, [on-line] [20. 3. 2009] <http://www.rostlinnyolej.cz/cs/prislusenstvi-konverze-na-ro/ventily-na-palivo-ro-a-nafta-odvezdusnovaci-ventily/automaticky-odvezdusnovaci-ventil-3.html>
- [15] Bc. Tomáš SOLARSKI, Naprogramování procesoru AVR, [on-line] 12.02.2007 [20. 3. 2009] Dostupné na internetu <http://www.solarskit.wz.cz/avrprogramming.html>
- [16] Luboš Svoboda, AVR ATMEGA16 -1.díl, [on-line]. [20. 3. 2009] Dostupné na internetu <http://jaja.kn.vutbr.cz/~svoboda58/dil1/at16d1.htm>
- [17] Jan Půhoný, Multifunkční relé [on-line] 22.9.2009 [20. 3. 2009] Dostupné na internetu <http://hw.cz/teorie-a-praxe/art2460-multifunkcni-rele.html>
- [18] Stanislav Maslan, Ovládání znakových LCD s řadičem HD44780 [on-line] 16.3.2009 [20. 3. 2009] Dostupné na internetu <http://hw.cz/novinky/art2727-ovladani-znakovych-lcd-s-radicem-hd44780.html>
- [19] Jaroslav Strolený, Znakové LCD displeje [on-line] 25.2.2007 [20. 4. 2009] Dostupné na internetu <http://www.cmail.cz/doveda/lcd/>
- [20] Bc. Tomáš SOLARSKI, Řídicí systém, [on-line]. [20. 3. 2009] Dostupné na internetu <http://www.solarskit.wz.cz/ridsys.html>
- [21] Datasheet atmega16, [on-line]. [19. 2. 2009] Dostupné na internetu http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2466.pdf
- [22] Datasheet UniProg-USB, [on-line] 20.8.2007 [21. 2. 2009] Dostupné na internetu http://www.pk-design.net/Datasheets/UniProgUSB_v10_doc_ver_v11_20070820.pdf
- [23] Petr Gábrlík, ISP programování AVR, ATmega8, [on-line] 27. 3. 2007 [12. 2. 2009] Dostupné na internetu <http://pier.own.cz/index.php?text=5-isp-programovani-avr-atmega8>
- [24] RNDr. Dušan Kovář, Ph.D., Celočíselné typy, [on-line] 27. 11. 2005 [20. 2. 2009] Dostupné na internetu <http://projektysipvz.gytool.cz/ProjektySIPVZ/Default.aspx?uid=68>
- [25] Funkce (programování), [on-line] 31. 3. 2009 [10. 2. 2009] Dostupné na internetu [http://cs.wikipedia.org/wiki/Funkce_\(programování\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Funkce_(programování))

- [26] Ondřej Karas, AVR a AD převodník, [on-line] 25. 5. 2007 [17. 3. 2009] Dostupné na internetu <http://programujte.com/?akce=clanek&cl=2007041902-avr-a-ad-prevodnik>
- [27] Ondřej Karas, AVR – přerušení, [on-line] 29. 9. 2006 [17. 3. 2009] Dostupné na internetu <http://programujte.com/index.php?akce=clanek&cl=2006092402-avr-%E2%80%93-preruseni>
- [28] Ondřej Karas, Přerušení, [on-line] 10. 2. 2007 [18. 3. 2009] Dostupné na internetu <http://www.kvetakov.net/clanky/avr/46-preruseni.html>
- [29] Jaroslav Kutěj, Displej, [on-line] [20.3.2009] Dostupné na internetu www.mp222.wz.cz/Avrstudio/Displej.htm

5 Seznam příloh

- **Příloha 1**

Vytvořený program v jazyce c++

- **Příloha 2**

Pomocná knihovna obsahující makra k ovládání displeje

- **Příloha 3**

Písemný souhlas k citaci informačního zdroje č. [3]

Příloha 1

// Řídicí jednotka dvoupalivového systému.c

```
#include <avr/io.h>          // definice io registrů atd
#include <avr/eeprom.h>      // zápis a čtení EEPROM
#include <avr/interrupt.h>   // přerušení
#include <stdlib.h>

#define LCD                  // použij funkce pro LCD z "mojelib1.h"
#include "C:\test\lnc\moje.h"

float teplo,teplota1,prep,teplota2,teplota_pom,napeti_pom;
int tep,i,j,vypnuti,predchozi,sum_nafta,k,L,m;    //predchozi (1-Olej, 0-Nafta) vypnuti
                                                    (0-ještě nebyl proplach, 1-byl)
char tep_str1[3],tep_str2[3],j_str[3];

//*****
//*****

void nafta(void)
{
    if (vypnuti==0) // Zajišťuje, aby se na naftu přepnulo pouze, jeli
    {
        clrb(PORTD,4);          // Nastavení ventilů
        clrb(PORTD,5);
        clrb(PORTD,6);
        clrb(PORTD,7);
        clrb(PORTC,0);
        clrb(PORTC,6);
        clrb(PORTC,7);
        if (sum_nafta<=15)      // Jeden trvá cca 1s
            sum_nafta++;
        else
        {
            predchozi=0;
        }
        gotoxy(1,14);
        lcd_text("Naf");
        gotoxy(2,14);
        lcd_text("ta");
    }
}

void olej(void)
{
    if (vypnuti==0)
    {
        predchozi=1;
        setb(PORTD,4);          // Nastavení ventilů
        setb(PORTD,5);
        setb(PORTD,6);
        setb(PORTD,7);
        setb(PORTC,6);
        setb(PORTC,7);
    }
}
```

```

        sum_nafta=0;
        gotoxy(1,14);
        lcd_text("RO");
        gotoxy(2,14);
        lcd_text("Oil");
    }
}

//-----

// Ctení ADC0 + ADC1 + ADC2

unsigned int read_adc0()
{
    ADMUX = 0; // inicializace A/D převodníku na kanálu 0
    ADCSRA = 0x86 ;

    ADCSRA |= 0x40; // zahájíme měření
    while ((ADCSRA & 0x10)==0); // čekáme na dokončení
    ADCSRA |= 0x10;
    return ADCW;
}

unsigned int read_adc1()
{
    ADMUX = 1; // inicializace A/D převodníku na kanálu 1
    ADCSRA = 0x86 ;

    ADCSRA |= 0x40; // zahájíme měření
    while ((ADCSRA & 0x10)==0); // čekáme na dokončení
    ADCSRA |= 0x10;
    return ADCW;
}

unsigned int napeti()
{
    ADMUX = 2; // inicializace A/D převodníku na kanálu 2
    ADCSRA = 0x86 ;
    napeti_pom=0;
    for (i=1;i<=10;i++)
    {
        ADCSRA |= 0x40; // zahájíme měření
        while ((ADCSRA & 0x10)==0); // čekáme na dokončení
        ADCSRA |= 0x10;
        napeti_pom=napeti_pom+ADCW;
    }
    napeti_pom=napeti_pom/10;
    napeti_pom=13*napeti_pom/797;
    return napeti_pom;
}

//-----

// čtení teploty z teplotních čidel
float teplota (float prep)
{
    teplota_pom=0;

```

```

        teplo = (0.0000004*prep*prep*prep)-
        (0.0005455*prep*prep)+(0.3192553*prep)-45.3036846;
        // y = 0,0000004x3 - 0,0005455x2 + 0,3192553x - 45,3036846
        // y=teplo , x= prep
        for (i=1;i<=500;i++)
        teplota_pom=teplota_pom+teplo;
        teplota_pom=teplota_pom/500;
        return teplota_pom;

}

```

```

//*****
//*****

```

```

void konec(void)      //obsluha vnějšího přerušení 0, viz tabulka dole
{
    if (vypnuti==1)
    {
        vypnuti=0;
    }
    if (napeti(<13,5)      //vypnutí motoru
    {
        cls();      //vymaž displej
        lcd_text("Motor byl vypnut");
        while (k==0)
        {
            if (predchozi==0)
            {
                k=1;
            }
            else
            {
                gotoxy(2,1);
                lcd_text("spatne");
                gotoxy(2,8);
                lcd_text("T RO");
                clrb(PORTC,1);
                waitms(1000);
                setb(PORTC,1);
                L=0;
                while(L==0)
                {
                    if (bit_is_set(PIND,1))
                    {
                        clrb(PORTC,1);
                        cls();
                        lcd_text("Klicky vypnuty");
                        waitms(1000);
                        cls();
                        lcd_text("Nebylo dodrženo");
                        line_2();
                        lcd_text("vypnuti na naftu");
                        waitms(1000);
                        cls();
                        setb(PORTC,1);
                        waitms(1500);
                        k=1;
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        L=1;
    }
    teplota1=teplota(read_adc0());
    gotoxy(2,13);
    ltoa(teplota1,tep_str1,10);
    lcd_text(tep_str1);
    if (teplota1<50)
    {
        L=1;
        k=1;
    }
    if (napeti(>13,5)      //zapnutí motoru
    {
        cls();
        k=1;
        L=2;
    }
}
if (L==1)
{
    cls();
    setb(PORTC,0); //Tady bude spuštěno přídatné
                  čerpadlo na proplach vstřikovacího
                  čerpadla naftou na 15 vteřin

    clrb(PORTD,4);
    clrb(PORTD,5);
    clrb(PORTD,6);
    clrb(PORTD,7);
    clrb(PORTC,6);
    clrb(PORTC,7);
    lcd_text("Automaticky ");
    gotoxy(2,1);
    lcd_text("proplach ");
    for (j=25;j>=0;j--)
    {
        if (napeti(>13,5)
        j=0;
        ltoa(j,j_str,10);
        gotoxy(2,10);
        lcd_text(j_str );
        lcd_text(" ");
        waitms(1000);
    }
    clrb(PORTC,0);
}
}
cls();
lcd_text("Motor vypnut");
while (m==0)
{
    if (bit_is_set(PIND,1))
    {
        cls();
        loop_until_bit_is_clear(PIND,1);
        lcd_text("Klicky zapnuty");
        m=1;
    }
    if (napeti(>13,5)      //zapnutí motoru
    {

```

```

        m=1;
    }
    gotoxy(2,2);
    lcd_text("Teplota RO");
    teplota1=teplota(read_adc0());
    gotoxy(2,13);
    ltoa(teplota1,tep_str1,10);
    lcd_text(tep_str1);
}

}

}

}

//*****
//*****
INT0_vect    vnější přerušení 0
INT1_vect    vnější přerušení 1

Tlačítko auto/manuál        PORTD,2
Tlačítko vypnout            PORTD,3

*/

ISR(INT0_vect)    // obsluha vnějšího přerušení 1
{
    vypnuti=0;
    k=0;
    m=0;
    if (napeti())<13,5)
        konec();
    if (bit_is_set(PIND,0)) // jestli je tlačítko olej vypnuto (pull-up)
    {
        nafta();
        cls();
        lcd_text(" Manualni rezim");
        gotoxy(2,6);
        lcd_text("nafta");
        waitms(1000);
    }
    else
    {
        olej();
        cls();
        lcd_text(" Manualni rezim");
        gotoxy(2,5);
        lcd_text("RO Olej");
        waitms(1000);
    }
}

ISR(INT1_vect)    // obsluha vnějšího přerušení 2
{
    if (napeti())>13,5)
    {
        if (vypnuti==0)
        {
            nafta();

```

```

        cls();          // vymaž displej
        lcd_text("vypinani motoru");
        gotoxy(2,1);
        lcd_text("Proplach ");
        for (j=15;j>=0;j--)
        {
            ltoa(j,j_str,10);
            gotoxy(2,10);
            lcd_text(j_str );
            lcd_text(" ");
            if (napeti(<13,5)
            {
                vypnuti=2;
                j=0;
                konec();
            }

            if (j==1)
            {
                vypnuti=1;
                predchozi=0;
            }
            waitms(1000);
        }
        cls();
        gotoxy(1,1);
        lcd_text(" Nyni muzete");
        gotoxy(2,1);
        lcd_text(" vypnout motor");
        waitms(2000);
    }
}

//*****
//*****
//*****

//////////////////// MAIN //////////////////////
int main (void)
{
    vypnuti=0;
    init_lcd();          // inicializace displeje
    cls();
    lcd_text("Nacitam");

    DDRA = 0b11111000; // - směr portu ( 0 - vstup ; 1 - výstup )
    PORTA = 0b00000000;//- zápis      ( u vstupu 0 - velká impedance, 1- pull-up)

    DDRB = 0b11111011; // - směr portu ( 0 - vstup ; 1 - výstup )
    PORTB = 0b11111111;//- zápis      ( u vstupu 0 - velká impedance, 1- pull-up)

    DDRC = 0b11000011;
    PORTC = 0b00111110;

```



```

DDRD = 0b11110000;
PORTD = 0b00001111;
sei();           // povol všechna přerušení
setb(GICR,6);    //povol přerušení INT 0 (aktivuje tlačítko přepnutí na manuální
                 //ovládání)
setb(GICR,7);    //povol přerušení INT 1 (aktivuje tlačítko vypnout)

```

```

//Nastavíme, čím bude vyvoláno přerušení:
//MCUCR 1:0 = 00   přerušení nízkou úrovní na PD2
//MCUCR 1:0 = 01   přerušení změnou úrovně
//MCUCR 1:0 = 10   přerušení sestupnou hranou
//MCUCR 1:0 = 11   přerušení vzestupnou hranou

```

```

clrb(MCUCR,0);           //přerušení akt. log. 0 pro int0
clrb(MCUCR,1);
setb(MCUCR,2);           //přerušení akt. změnou úrovně
clrb(MCUCR,3);

```

```

for(;;)
{
    m=0;
    setb(PORTC,1);
    if (bit_is_set(PIND,1))
    {
        cls();
    }
    else
    {
        if (napeti()<13,5)
        {
            konec();
        }
        else
        {
            if (vypnuti==2)
            vypnuti=0;
            k=0;
            teplota1=teplota(read_adc0());
            ltoa(teplota1,tep_str1,10);
            teplota2=teplota(read_adc1());
            ltoa(teplota2,tep_str2,10);
            cls();
            gotoxy(1,1);
            lcd_text("TeplotaRO ");
            gotoxy(1,11);
            lcd_text(tep_str1);
            gotoxy(2,1);
            lcd_text("T ch.vody ");
            gotoxy(2,11);
            lcd_text(tep_str2);
            if (vypnuti==0)
            {
                if (teplota1>70)
                {
                    olej();
                }
                else

```


Příloha 2

```
// moje.h

/*
Zapojení LCD displeje 16*2:
RS   = PORTB.1      (lcdpin4)
EN   = PORTB.3      (lcdpin6)
DATA4 = PORTB.4      (lcdpin11)
DATA5 = PORTB.5      (lcdpin12)
DATA6 = PORTB.6      (lcdpin13)
DATA7 = PORTB.7      (lcdpin14)
-----*/

#define PORT PORTB
#define DDR  DDRB
#define EN   3
#define RS   1

// Zmína bitu portu, IO registru nebo proměnné:
#define setb(port,pin)  port |= 1<<pin  //nastav bit
#define clrb(port,pin)  port &= ~(1<<pin) //nuluj bit
#define negb(port,pin)  port ^= 1<<pin  //neguj bit

// Ěasové smyčky:
void waitms (unsigned int c);      // ěkej milisekund(max65553):
void waitus (unsigned int c);      // ěkej mikrosekund(max65553):

// Funkce pro displej:
void init_lcd (void);              //inicializace
void lcd_instr(unsigned char ins); //napiš instrukci
void lcd_c   (unsigned char dat);  //napiš znak;
void lcd_byt (unsigned char byt);  //napiš bajt)
void lcd_text(char* text);          //napiš string, umístěný v RAM
void lcd_ftext(const char* text);   //napiš string, umístěný ve FLASH

#if defined LCD //////////////////////////
#include <avr/pgmspace.h> // pgm_read_byte()

// Makra pro displej:
#define cls()          lcd_instr(0x01);waitms(3)      //vymaž displej
#define cursor_off()   lcd_instr(0x0c)                //vypni kurzor
#define cursor_on()    lcd_instr(0x0e)                //zapni kurzor
#define cursor_blink() lcd_instr(0x0f)                //kurzor bliká
#define line_1()        lcd_instr(0x80)               //jdi na řádek 1
#define line_2()        lcd_instr(0xc0)               //jdi na řádek 2
#define shift_lcd_left() lcd_instr(0x18)              //posuň text doleva
#define shift_lcd_right() lcd_instr(0x1c)             //posuň text doprava
#define gotoxy(lin,col) lcd_instr(64*(lin+1)+(col-1)) //jdi na řádek (lin), sloupec (col)

//napiš bajt (tři místa bez úvodních nul)
void lcd_byt(unsigned char byt)
{
  unsigned char b1,b2=1;

```

```

        b1=byt/100;                //b1=stovky
        if(b1==0) {b2=0; lcd_c(32);} //byt<100 zobraz mezeru
        else lcd_c(b1+0x30);        //zobraz stovky

        b1=byt%100;                //zbytek po dělení stem
        byt=b1;
        b1=b1/10;                  //b1=desítky
        if((b1==0) & (b2==0))      //byt<10 zobraz mezeru
            lcd_c(32);
        else lcd_c(b1+0x30);        //zobraz desítky

        b1=byt%10;                //zbytek po dělení deseti
        lcd_c(b1+0x30);            //zobraz jednotky
    }

//napiš string, umístěný v RAM
void lcd_text(char* text)
{
    unsigned char i=0,temp;

    do
    {
        temp = text[i];
        if(temp==0) break;          // každý string je ukončený nulou
        lcd_c(temp);
        i++;
    }
    while(temp>0);
}

//napiš string, umístěný ve FLASH
void lcd_ftext(const char* text)
{
    unsigned char i=0,temp;

    do
    {
        temp =pgm_read_byte(text+i); // čti bajt z paměti FLASH
        if(temp==0) break;
        lcd_c(temp);
        i++;
    }
    while(temp>0);
}

void len(void)                    //impuls Enable do LCD
{
    setb(PORT,EN);
    waitus(1);
    clrb(PORT,EN);
    waitus(50);
}

void write(char c)
{
    char temp;

```

```

        temp = c & 0xf0;
        PORT &= 0x0f;
        PORT += temp;
        len();
        temp = c & 0x0f;
        temp = temp << 4;
        PORT &= 0x0f;
        PORT += temp;
        len();
    }

// Napiš znak na LCD:
void lcd_c(unsigned char dat)
{
    setb(PORT,RS);
    write(dat);
}

// Pošli instrukci do LCD:
void lcd_instr(unsigned char ins)
{
    clrb(PORT,RS);
    write(ins);
}

// Inicializace LCD ve 4-bitovém módu
void init_lcd(void)
{
    DDR |= 0xf0;
    setb(DDR,RS);
    setb(DDR,EN);
    clrb(PORT,RS);
    clrb(PORT,EN);
    waitms(16);
    PORT |= 0x30;
    len();
    waitms(5);
    len();
    waitms(6);
    len();
    clrb(PORT,4);
    len();
    lcd_instr(0x28);
    lcd_instr(0x06);
    lcd_instr(0x0c);
    lcd_instr(0x01);
    waitms(3);
}
#endif //defined LCD////////////////////////////////////

//časové smyčky
#define fosc1 (F_CPU / 800000)

//F_CPU frekvence oscilátoru (nastavená v
"Project Options")

#if (fosc1 > 255)
#undef fosc1
#define fosc1 255
#endif

```

```

#define fosc2 (F_CPU / 6000000)
//čekaní milisekund:
void waitms (unsigned int c)
{
    asm("push    r20");
    asm("push    r21");
asm("_Wms0:");
    asm("ldi      r20,0x14");
asm("_Wms1:");
    asm volatile("ldi r21,%0" : : "M" (fosc1));           //do r21 vlož konstantu fosc1
asm("_Wms2:");
    asm("dec      r21");
    asm("brne     _Wms2");
    asm("dec      r20");
    asm("brne     _Wms1");
    asm("dec      r24");
    asm("brne     _Wms0");
    asm("dec      r25");
    asm("brpl     _Wms0");
    asm("pop      r21");
    asm("pop      r20");
}

//čekaní mikrosekund:
void waitus(unsigned int c)
{
    asm("push    r20");
asm("_wus0:");
    asm volatile("ldi r20,%0" : : "M" (fosc2));
asm("_wus1:");
    asm("dec      r20");
    asm("brne     _wus1");
    asm("dec      r24");
    asm("brne     _wus0");
    asm("dec      r25");
    asm("brpl     _wus0");
    asm("pop      r20");
}

//endfile
} [29]

```

Příloha 3

Re: žádost

Od: Andrej Glatz

Komu: Schmid Petr;

Datum: 30.5.2009 10:35:04

Dobry den,

udelujeme souhlas za podmínky uvedení zdroje

s pozdravem

Andrej

Glatz

jednatel europecon s.r.o.

Schmid Petr napsal(a):

> Vážený pane,

> žádám

o povolení k užití informací z článku - ROSTLINNÝ OLEJ JAKO OBNOVITELNÝ ZDROJ ENERGIE

- údaje budou použity v mé bakalářské práci na téma ŘÍDÍCÍ SYSTÉM PRO STŘÍDÁNÍ PALIV

RŮZNOPALIVOVÉHO VZNĚTOVÉHO MOTORU. Děkuji Vám za odpověď.

> S pozdravem Petr Schmid

>